

東北地方太平洋沖地震による仙台市内及び周辺の宅地被害調査報告

Report on the Damages of Residential Land in and near Sendai City due to the Tohoku Earthquake

沖 村 孝 (おきむら たかし)
(財)建設工学研究所

鍋 島 康 之 (なべしま やすゆき)
明石工業高等専門学校

岡 田 肇 (おかだ はじめ)
日本工営(株) 大阪支店

野 並 賢 (のなみ さとし)
応用地質(株) 関西支社

1. 仙台の地質

仙台市は、長町、東仙台、岩切を通る長町－利府構造線 (NE-SW 方向) によって、北西側と南東側に二分される (図-1.1¹⁾)。前者は仙台市街地を中心として、ロームで被覆された段丘礫層で基盤は新第三紀層、さらにその奥 (北西側) には、泥岩、砂岩、凝灰岩、頁岩よりなる新第三紀層が分布する。一方後者は、沖積層が主体で、一部、泥炭分布地が見られる。奥津は、この地域を次に示す 4 種類の地盤に分類している²⁾。

○ 第 1 種地盤：七北田川、広瀬川および名取川を挟んで仙台市の西部を取り囲んでいる海拔 80～200mの

丘陵地。海拔 200m以上の蕃山、権現森、太白山および高館山周辺では安山岩および集塊岩が分布しており、きわめて堅固な地盤を形成。一方、仙台市の旧市街地の周辺部をなしている海拔 80～150mの丘陵地は亜炭層を伴う第三紀の泥岩、砂岩、頁岩および凝灰岩からなり、締まり程度が中位の軟岩。

○ 第 2 種地盤：長町－利府構造線を境として丘陵地側で広瀬川と名取川に挟まれた青葉山－八木山一帯の高位扇状地、七北田川、広瀬川および名取川流域の低位扇状地および旧市内の大部分を形成する広瀬川河岸段丘礫層。

○ 第 3 種地盤：長町-利府構造線の以東で仙台湾に至る

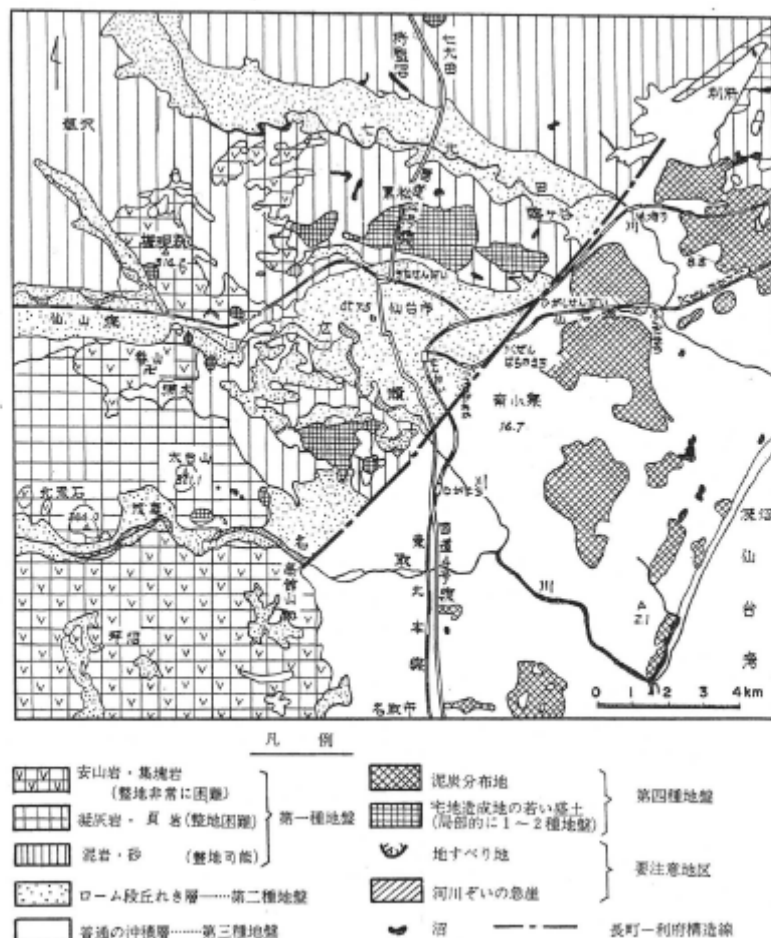


図-1.1 仙台付近の地盤種別図 (奥津春生氏による)²⁾

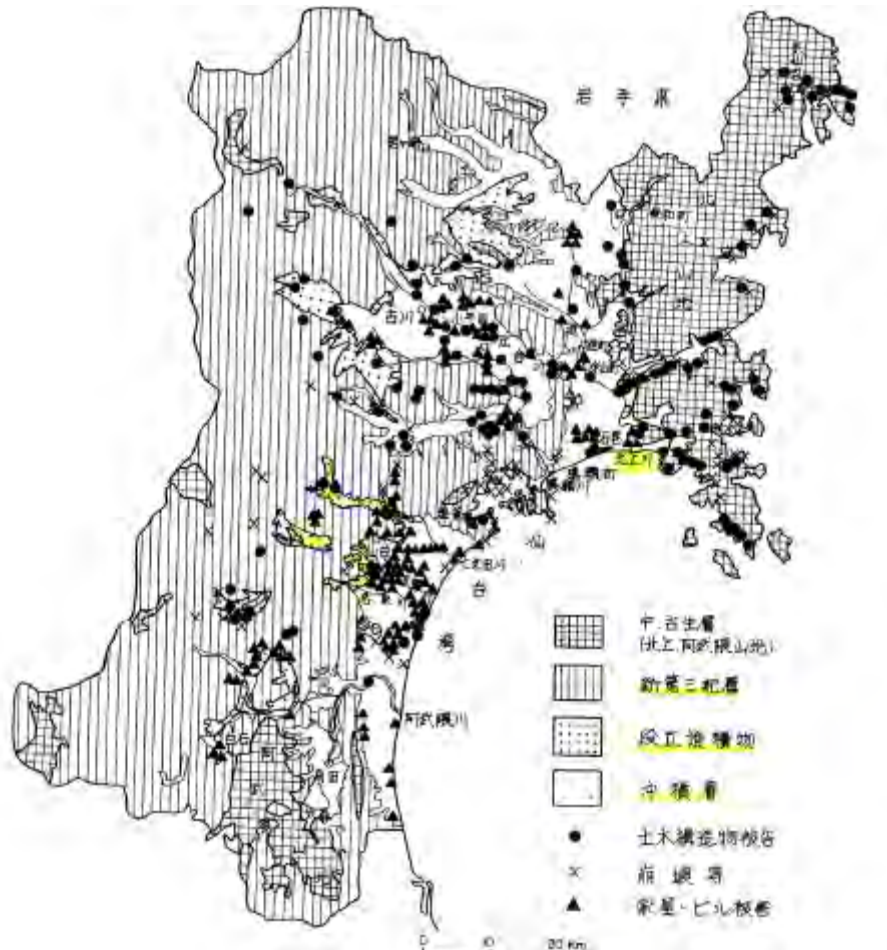


図-2.1 宮城県内の地質図と 1978 年宮城県沖地震による被害分布²⁾

までの沖積低地および海岸低地であり、砂層、砂混じり粘土層およびシルト層などがルーズに堆積。

- 第 4 種地盤：第 1 種地盤を構成する丘陵地における宅地造成地の締固め不十分な地盤と第 3 種地盤の沖積地における泥炭地盤。

図-1.1 には、奥津春生氏による地盤分類結果を併せて示している²⁾。

2. 1978 年宮城県沖地震被害の概要

宮城県沖地震は 1978 年 6 月 12 日午後 5 時 15 分ごろに発生した。震央の位置は仙台市東方 100km で N38°09' E 142°13'，M7.4，震源の深さは 25～40km であった。仙台駅近くのビルの地下 1 階（中町段丘礫層）で観測された最大加速度は EW 方向 240gal，NS 方向 440gal，UD 方向 100gal であった。この近くのビル地下 2 階では EW230gal，NS250gal，UD120gal が観測された。また東北大学工学部（第四紀洪積世ロームおよび礫層）では EW202gal，NS260gal，UD153gal であった。継続時間は約 20 秒が記録された。震度は 5 と発表されたが、実際は 6 程度(250～400gal)であったと報告されている³⁾。

この地震による被害は、死者 27 人，重軽傷者 10,181 人，家屋の全壊 1,273 戸，半壊 5,652 戸，一部損壊 165,176 戸，公共土木施設 1,485 件，損害 1,600 億円以上と言われている³⁾。この地震によるもう一つの特徴は、仙台市内

を中心として宅地地盤に大きな被害が生じたことである。宅地造成に関しては、1962 年に宅地造成等規制法が施行され、当時、大都市周辺で急増しつつあった宅地造成が安全に施工されるように、許可制となった。仙台市では 3 年後の 1965 年 3 月 11 日に青葉区、太白区、宮城野区、泉区の一部に宅地造成工事規制区域が設定されていた。1976 年 3 月 29 日には青葉区、太白区、泉区の一部が新たに追加区域設定されている。施行 3～4 年後の地震であり、ほとんどの宅地は造成基準を満たさない宅地であったと思われる。宅地防災に関するマニュアルである「宅地防災マニュアル」は平成元年（1989 年）7 月にはじめて作成され、平成 10 年（1998）年 2 月に改訂版が、平成 19 年（2007 年）3 月に第二次改訂版が出されている。

宮城県沖地震による宅地の被災分布は大きくは二地域に分けられる。一つは北部の丘陵地（鶴ヶ谷，南光台，黒松等）で、その丘陵地では標高 30～80m，地質は新第三紀層の泥岩及び凝灰質軟岩で、地表面は泥岩や頁岩の風化帯であった。比高の小さな丘陵地であったため、昭和 37 年頃以降に大規模施工が実施された場所であった。もう一つの被災が多く出現した地域は南西部の丘陵地（緑ヶ丘，青山，折立，西花苑等）で、基盤は泥岩，砂岩，凝灰岩を主体とする新第三紀層で、その上位に 30m 以上の厚さの第四紀堆積物である青葉山層（上部はローム層，下部は礫層）が被覆している場所もある。市街地に近く、昭和 30 年代から造成が行われていた。1978 年



図-2.2 1978年の仙台市内の家屋被災分布と地盤種別との関係¹⁾

の家屋被害分布を図-2.1¹⁾に地盤種別分布に重ねた結果を図-2.2¹⁾に示す。当然のことながら、第4種地盤の一つである長町-利府構造帯以北の第1種地盤に造成された宅地での家屋被害が大きく、次いで第3種地盤の沖積地における家屋被害が大きいことがわかる。特に盛土造成地に大きな家屋被害が出現していることが特徴的である。この特徴は地震による新たな被災形態として大いに注目された現象であった。

これら宅地被害の共通の原因としては、1)急傾斜地(15～20°)に造成されていた、2)沢に厚い盛土(10～20m)が施工されていた、3)盛土内のN値が低い(0～10)かつ高含水比(30～40%)で、盛土材料は粘性が高いものが多かった、ことが指摘されていた³⁾。宮城県沖地震では、全壊家屋数の22%が宅地造成規制区域内で発生、昭和40以降に完成した宅地造成地では被災率は0.5%、昭和40年以前に造成された宅地の家屋被災率は25%であったことが報告され、古い造成地では被害が大きかったことがわかる。これは1995年の阪神・淡路大震災でも同様の結果が報告されている⁴⁾。

昭和38年から昭和60年にかけて小規模造成の累積結果として大規模造成地となった南光台地区では、図-2.3⁵⁾に示すように、被災家屋の分布が切盛境に多く発生し、盛土厚さの深い地盤上では被害が少なかったことが報告されている。家屋の被災が地震の強震動によるものか、あるいは浅い盛土によるものかは不明で、今後、周期や増幅特性を考察する必要がある。

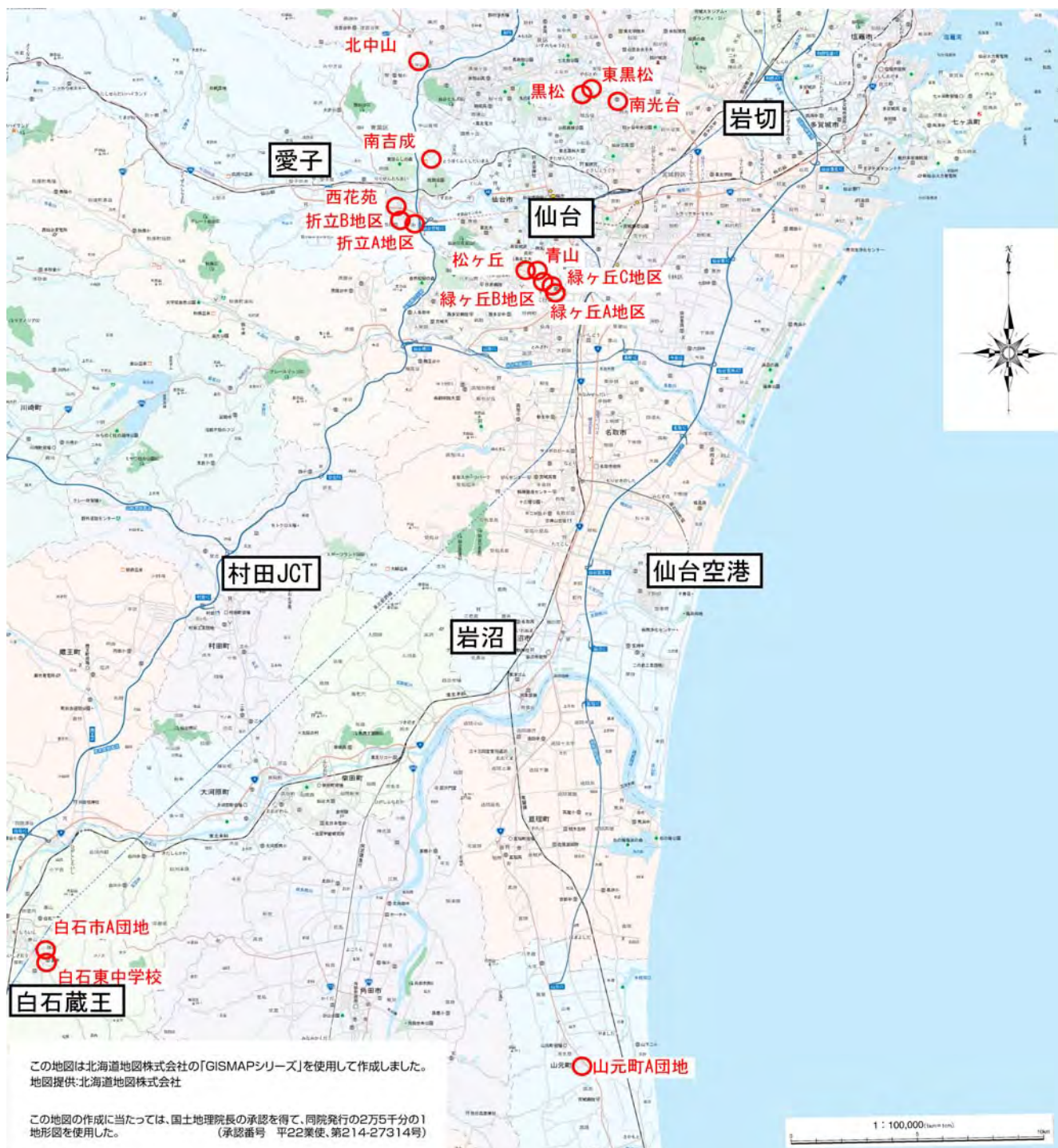
3. 調査箇所の変状概要

現地調査は4月30日～5月2日の3日間にわたり実施した。現地調査を行った箇所を図-3.0.1に示す。現地調査は変状機構の理解と、補強対策の検討に資することを主目的に、踏査を実施して地表面に現れたクラックの分



図-2.3 1978年の仙台市南光台団地の住家被害と盛土分布状況⁵⁾

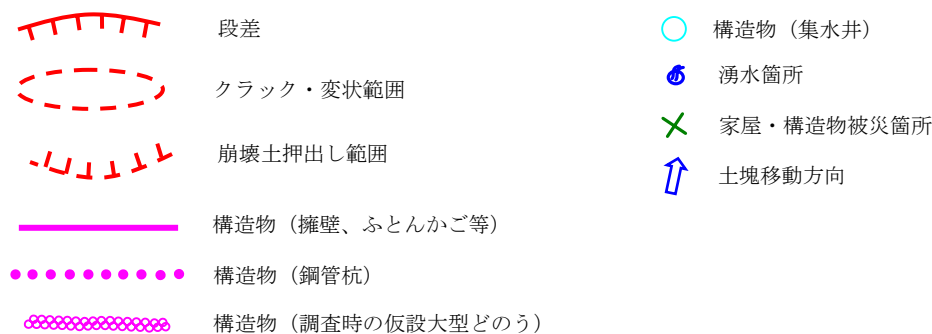
布図の作成に務めた。また、現地調査に先立ち、4月29日には地盤工学会東北支部との検討会を実施し、予定していた調査箇所の現時点での被害調査状況の概要や、宅地被災の復旧の仕組みについて阪神・淡路大震災の事例を紹介した。以下に、調査を実施した箇所毎の変状概要を示した。図-3.0.2には各調査箇所で作成した亀裂分布図の凡例を示した。



現地調査箇所 一覧

仙台市 太白区緑ヶ丘 A 地区	仙台市 青葉区折立 A 地区
緑ヶ丘 B 地区	折立 B 地区
緑ヶ丘 C 地区	西花苑
青山	南吉成
松ヶ丘	亶理郡 山元町 A 地区
泉区 東黒松	白石市 A 地区
黒松	東中学校
南光台	
北中山	

図-3.0.1 現地調査箇所（仙台市，山元町，白石市）



図－3.0.2 亀裂分布図の凡例

3.1 太白区緑ヶ丘 A 地区

(1) 1978 年宮城県沖地震の被災

造成年代は昭和 32～33 年で、規制法施行以前に造成された宅地で、造成戸数は 444 戸である⁵⁾。造成は、写真－3.1.1 に示すように地山傾斜 15～20°の地形を大きく改変することなく、小さな谷埋めと腹付け盛土の施工により造成されている。図－3.1.1 に当該地域の地形図に旧地形を重ね合わせたものを示す⁵⁾。ここでは 25m×15m 程度の小さな谷埋め盛土 (a 地区) と山麓部では腹付け盛土 (b 地区) が行われているようである。基盤は砂岩でこの上に 5～10m の盛土 (N 値 7～8, 密度 1.83kN/m^3 , $w_n=30\sim35\%$) が行われていた⁵⁾。下流側は一部崖錐性堆積物の上に盛土が施工されていた⁵⁾。宮城県沖地震により図－3.1.1 に示すように a 地区で 11 戸、b 地区で 6 戸、計 17 戸が被害を受けた。

図－3.1.2 は、地震直後に発生した亀裂分布と地盤調査結果を示している³⁾。a 地区では直交するように亀裂が発達しているが、b 地区ではほぼ平行な亀裂が 5～7 本見られ、大きな宅盤変状が発生したことが推定される。被災後の調査により、深さ 5m と 18.5m にすべり面の存在が認められている。

対策工としては図－3.1.1 に示すように、a 地区では、鋼管杭 (318.5mm) が三段にわたって打設された⁵⁾。上部二段は、H 鋼の合成杭で、2m ピッチの千鳥打ち、根入れは全長 (25～30m) の 1/3 であった。最下段は H 鋼なしの鋼管杭で、杭上部にコンクリート擁壁を旧石積に腹付けし、アースアンカー施工された (写真－3.1.2, ここではアンカー頭部は不明であった)。二段目と最下段の左岸側には集水井が設置された (図－3.1.3 および写真－3.1.3)。a 地区における被災宅地は除去され、跡地は 2 号緑地となり、地表排水工としてトラフが設置されていた (写真－3.1.4)。

一方、b 地区では基盤は砂岩もしくは崖錐性堆積物が分布し、厚さ 5～10m の盛土が施工された⁵⁾。対策工としては、全長 20m の鋼管杭 (318.5mm) が末端部に一列、2m 間隔の千鳥状に施工された (図－3.1.3)³⁾。また、1 号緑地内にも一列施工されていた。ここでも施工後は 1 号緑地として公園化され、地表排水工としてトラフが施工されていた (写真－3.1.5)。



図－3.1.1 緑ヶ丘 A 地区の被災分布と旧地形 (文献 5) に一部加筆修正)

(2) 調査結果

現地は原町－利府構造帯の南西端に位置する丘陵地で、山麓は緩斜面であるが上流側に向かって急に傾斜が大きくなる (写真－3.1.6)。図－3.1.3 に現地踏査結果 (他箇所の亀裂分布図に相当) を示した。当該宅地は急斜面上に位置する。山麓緩斜面の下流にある川沿いに施工された擁壁の排水孔からは湧水が見られる。1978 年の宮城県沖地震による被災 a と b の 2 地区 (図－3.1.1 参照) の住宅は解体され、その跡地は仙台市の条例により「緑ヶ丘災害危険区域」に指定され (写真－3.1.7), それぞれ 2 号緑地, 1 号緑地となっていた。この地区における造成は急斜面の地形に合わせた小規模団地³⁾ 造成で、擁壁は玉石の練積み (写真－3.1.8) が多く、排水孔は一部土管 (写真－3.1.9) のものも認められた。擁壁勾配は約 3 分で施工されている (写真－3.1.8 参照)。一部で高さ 7～8m

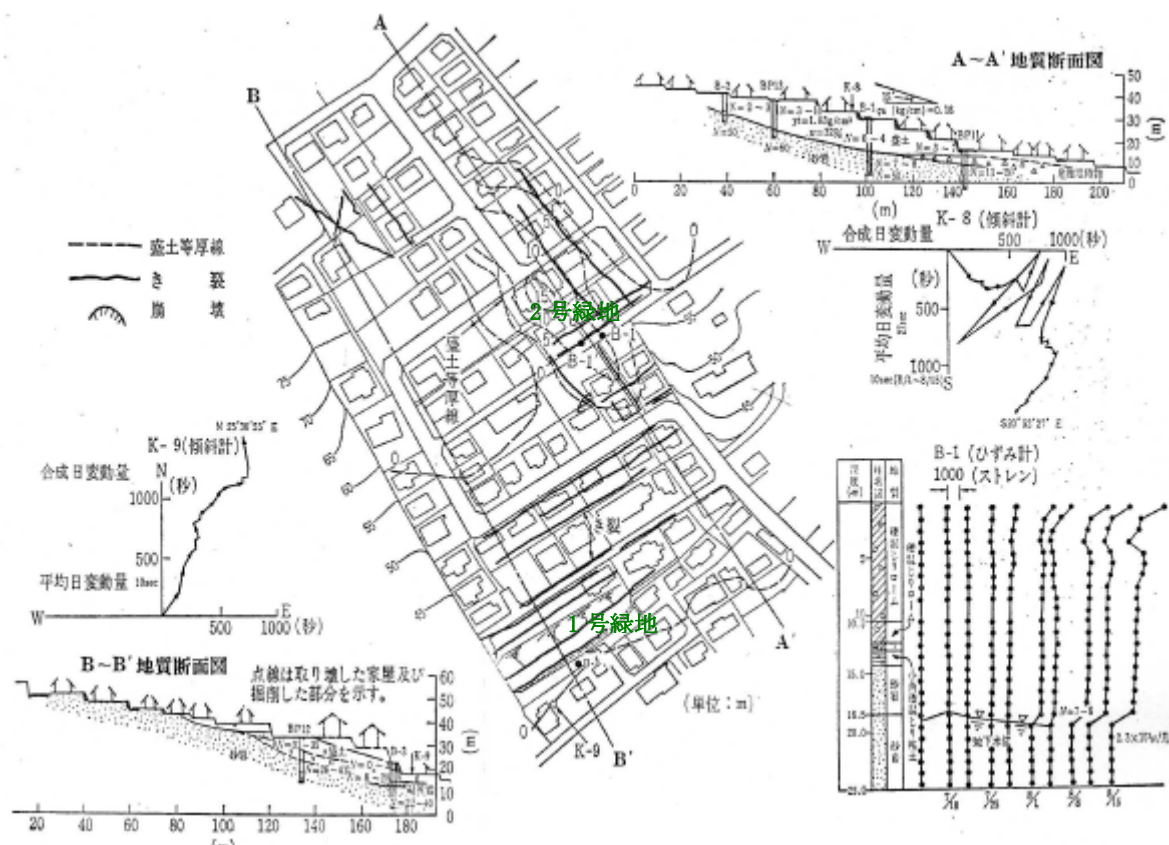


図-3.1.2 太白区緑ヶ丘 A 地区の 1978 年の亀裂分布および地質調査平面図（文献 3）に一部加筆修正）

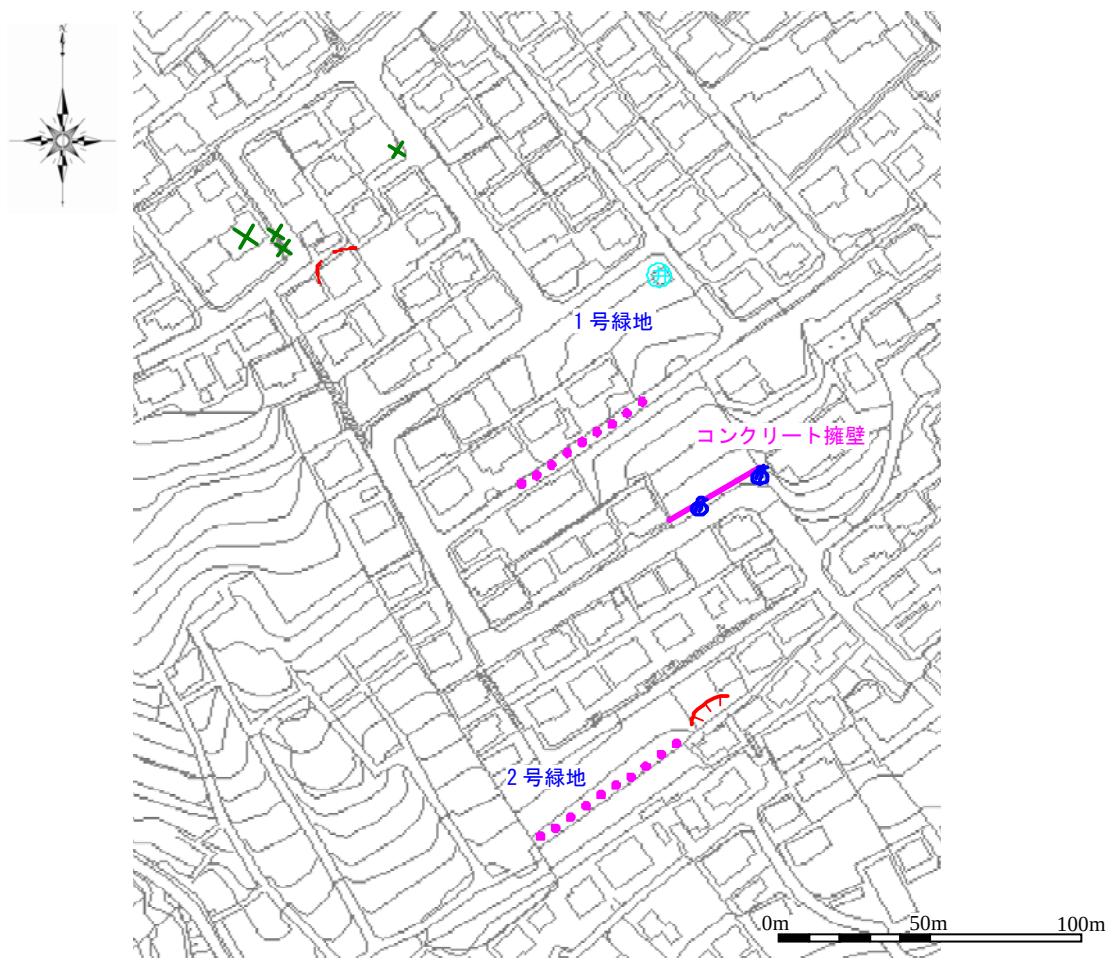


図-3.1.3 太白区緑ヶ丘 A 地区の亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい くらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)

近い擁壁も見られる(写真-3.1.10)。上述したように1978年の宮城県沖地震の被災地で、地すべり対策事業(「緑ヶ丘地区地すべり防止区域」)による鋼管杭(写真-3.1.11)や集水井(写真-3.1.3参照)が見られた。この杭は1号緑地内にあり、図-3.1.1内では赤線で示した。ここでの鋼管杭には被災はなく、集水井では水の音が聞こえ効果を確認した。これらの対策工の効果により、当該地区では大きな被害は認められなかった。1号緑地、2号緑地ともに変形はなく、地表排水工のトラフにも変形は見受けられなかった。しかし1号緑地に隣接した(対策区域から外れた)斜面の東側で崩壊が見られた(写真-3.1.12)。この崩壊により家屋は一戸撤去済みであった。2号緑地の下端にあるコンクリート擁壁(写真-3.1.2参照)に見られる地下排水孔からは二酸化鉄を含有した地下水の湧水が見られた(写真-3.1.13)。



写真-3.1.1 緑ヶ丘A地区の遠景



写真-3.1.2 2号緑地下端部の擁壁



写真-3.1.3 2号緑地の集水井



写真-3.1.4 2号緑地の上半分の様子



写真-3.1.5 1号緑地の全景(ポールおよび人は杭頭の位置)



写真-3.1.6 山麓付近から奥に向かった急傾斜の状況



写真-3.1.7 緑ヶ丘災害危険区域



写真-3.1.8 玉石積擁壁



写真-3.1.9 土管の排水孔



写真-3.1.10 高さ7m以上の玉石積擁壁



写真-3.1.11 1号緑地に施工されていた鋼管杭



写真-3.1.12 1号緑地に隣接する崩壊



写真-3.1.13 2号緑地最下端部擁壁からの地下水排水状況

3.2 太白区緑ヶ丘B地区

(1) 1978年宮城県沖地震の被災

この地区の造成年代は昭和36～37年であり、規制法の適用を受けていないことが推定される。造成戸数は749戸であり、宮城県沖地震により86戸が被災を受けた³⁾。当該地の地山は傾斜約10°の緩傾斜である³⁾。当該地域の亀裂分布および地盤調査結果を図-3.2.1³⁾に示す。ここでは、二つの谷が埋められている。南側の谷(F-F'断面)では、造成完了後の1976年9月の集中豪雨でのり肩部が崩壊した。この復旧のため、ここでは砂防ダム2基が建設された。図-3.2.1のF-F'断面では、上流側の基盤は砂岩と凝灰岩の互層で、この基盤上には盛土が施工され、その盛土深さ5～6m、N値0～3と非常に小さい。一方、下流側の砂防ダム周辺地盤では10～20mの盛土が施工され、N値は3～8であった³⁾。宮城県沖地震によりこの砂防ダムで30cmのズレや一部斜面崩壊があり、9戸が被災したことが報告されている³⁾。のり肩部に生じた亀裂分布を図-3.2.1に示したが、ほぼ平行に2～3本の亀裂が出現したことがわかる。

もう一つの谷埋め盛土は北側に施工された(D-D'断面)。盛土の基盤は凝灰岩、砂岩・泥岩であり、地震後の調査により、盛土の厚さ10～20m、N値2～7、密度1.74g/cm³、w=38%であったことが報告されている³⁾。盛土厚10m以浅の擁壁にはらみが出現し、切盛境界に図-3.2.1に示したように馬蹄形の亀裂が出現した。調査結果より深さ11m(盛土)と20m(砂岩)にすべり面が推定された(図-3.2.1参照)。

対策工としては南側の盛土では、上述したように砂防ダム工に加えて、鋼管杭(φ318.5mm)の基礎を有した腹付け工や床固め工延長などが施工された。また北側の谷埋め盛土では、地すべり抑止のため道路に沿って鋼管杭(φ318.5mm)が総数449本施工され、また排水ボーリング工が総延長2,800m施工された⁶⁾。集水井は現地調査によれば2カ所施工されていた。

(2) 調査結果

本地区の調査により得られた今回の東日本大震災により発生した亀裂分布を図-3.2.2に示す。本地区の南側の谷で1976年9月の豪雨による崩壊後に築造された砂防ダムの堆砂域は、調査時点では3号緑地となっていた。この図より、まず南側谷埋め部では、3号緑地斜面の肩に

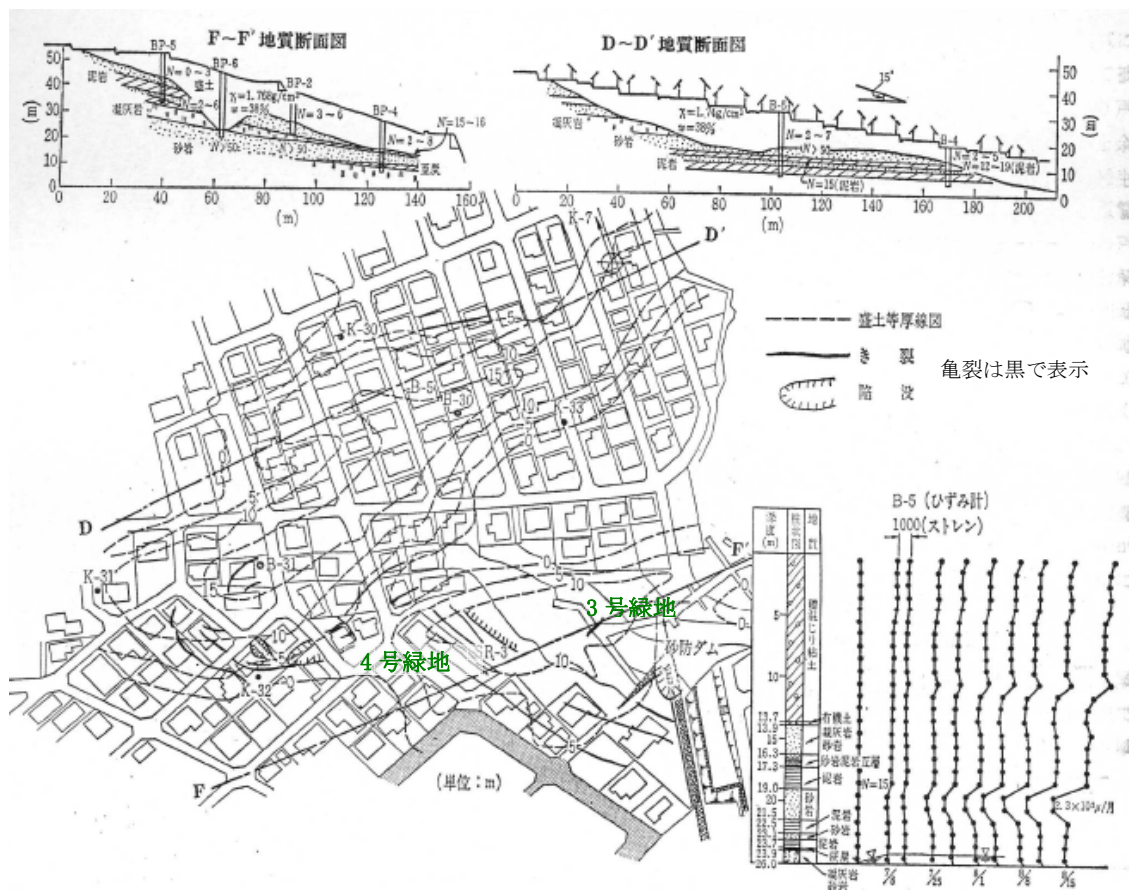


図-3.2.1 太白区緑ヶ丘B地区の1978年地震時の亀裂分布図（文献3）に一部加筆修正）

立地していた家屋の宅地と道路との境界に亀裂が入り、この宅地は大きく変形していた（写真-3.2.1）。一方、北側の谷埋め部では4号緑地に隣接した公園を滑落崖とした大きな亀裂が見られた（写真-3.2.2）。これは図-3.2.1に示した1978年当時の亀裂とほぼ同じ場所に出現している。1978年の被災地で、施工された地すべり対策工（昭和54年5月17日付地すべり指定地）による抑止のための鋼管杭は、調査時点ではアスファルトにより被覆されていたが、凹凸のある路面になっていた（写真-3.2.3）。地盤工学会第一次調査報告の写真では、杭の頭部が現れた状態であった⁷⁾ため、今回の調査時点では、この落差を埋めるためにアスファルトが被覆されたものと推定された。杭列の一部は、下流側にふくらみが見られ（写真-3.2.4）、盛土が変形したことが推定された。これらのことから、当該地では今回の地震により変形を再び受けたが、抑止杭の効果により、大きな変形には至らなかったことが推定された。北側の谷埋め盛土には2箇所の集水井が施工されていたが、集水井からは調査時点では水の音が聞こえなかった。このため、排水効果が持続していたかは不明であった。北側盛土の末端部では下流側で盛り上がりが見られ（写真-3.2.5）、盛土の変形があったことが類推された。

参考文献⁶⁾により把握できた1978年地震による対策工の位置と今回の調査結果を重ねた図を図-3.2.3に示す。説明のためにここでは①～④のブロックに区分した。①では3号緑地の肩部に抑止杭が施工されているため、こ

こでの宅地の変形は一区画分であると思われるが、抑止杭の北端から外れた斜面では大きな変形が生じていた（写真-3.2.6）。このためこの3号緑地の抑止杭がなければ、被害はもっと大きくなっていたものと思われる。②では4号緑地と公園の境界のコンクリート擁壁には大きな亀裂が生じていた（写真-3.2.7）。公園内の亀裂は上述したように、1978年の地震の際に生じた亀裂とほぼ同じ位置に生じていた。図-3.2.1では、この付近では盛土厚さが5～10mの等厚線が近接しており、盛土基盤は急斜面であったことが推定され、このため亀裂が発生しやすい条件であったことが推定される。②ブロックでの変位は北北東に向かっているものと思われる。しかし、さらに北に行くと、②と③の境界に位置する抑止杭はわずかに下流側に変位し、ここでは東南東向きの変位があったものと思われる。③ブロックでは北端の家屋が大きな被害を受けていた。この原因としては切盛境近辺であったためと思われる。③ブロックでの北側に向かう亀裂の原因については不明であった。④ブロックでは平行な二列の抑止杭が効き大きな変形が抑止されたものと推定された。

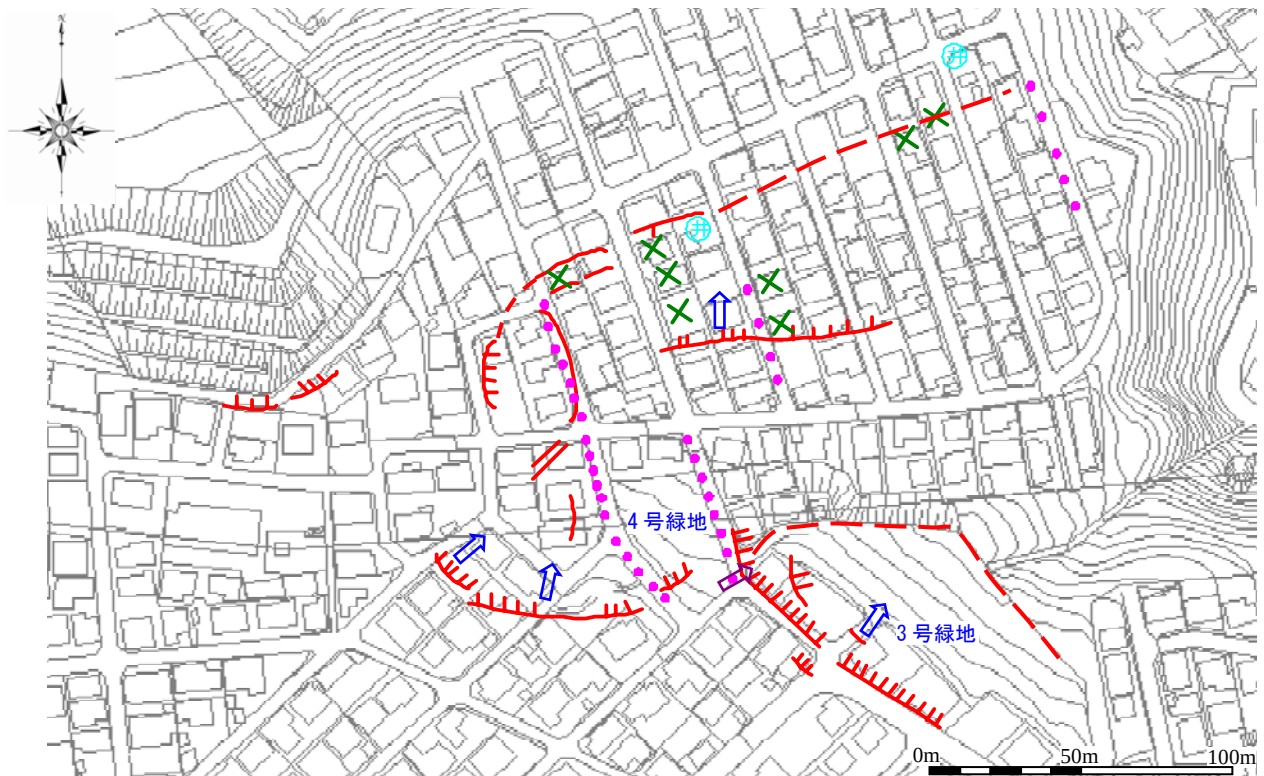


図-3.2.2 太白区緑ヶ丘B地区の亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい ぐらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真-3.2.1 3号緑地上端の宅地の亀裂



写真-3.2.4 左から右への変位



写真-3.2.2 公園内の亀裂



写真-3.2.5 盛土末端のスランプ形状



写真-3.2.3 路面上の凹凸



写真-3.2.6 3号緑地上端の亀裂



写真-3.2.7 4号緑地コンクリート擁壁に生じた亀裂

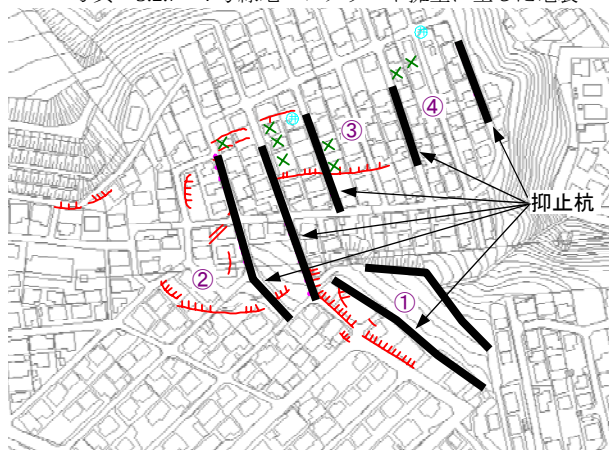


図-3.2.3 1978年の緑ヶ丘B地区の対策範囲と亀裂分布図
(図-3.2.2に文献6)より一部転機)

3.3 太白区緑ヶ丘C地区

昭和35年頃からの造成で、斜面の地形に合わせた階段状の造成地である。1978年の宮城県沖地震によりこの地域も被災を受けたが、対策工は、A地区やB地区とは異なり、抑止杭は施工されず、暗渠工が施工されたと地元のコンサルタントの方から伺った。

今回の地震による被災は数多くの家屋被害に加えて、宅地も大きな変形を受けた。今回の調査結果を図-3.3.1に示す。①ブロックのゴルフ練習場の北東端では、路肩から崩壊が生じ、道路は一部沈下していた(写真-3.3.1)。②ブロックでは約10戸の住宅が、北東方向のすべりにより、被害を受けていた(写真-3.3.2)。この東側のブロック③では東西方向約260m、幅約60mの腹付けと思われる盛土が全体に北向きに変形していた。③ブロックは谷底にある小河川の右岸側の斜面で変状が発生しており、亀裂の連続性が顕著に見られる。亀裂発生宅地(写真-3.3.3、写真-3.3.4)では家屋や擁壁、庭での被害が顕著で、全体的に下方に変位している。移動域の下流部では湧水箇所が見られる場所もあった(写真-3.3.5)。移動域下部のコンクリート擁壁の排水孔からは湧水跡が顕著であった(写真-3.3.6)。ガレージ内の床版の破壊が顕著であり、変形があったことが容易に推定できた(写真-3.3.7)。また別の場所では、宅地背面の擁壁が前面に押ししてきたため、庭のコンクリート版が座屈しており、地盤に変形があったことが推定された(写真-3.3.8)。③ブ

ックの盛土末端に施工されているブロック積擁壁からは、二酸化鉄を含む湧水跡が見られた(写真-3.3.9)。



写真-3.3.1 ゴルフ練習場横の亀裂



写真-3.3.2 ②ブロック内の変位



写真-3.3.3 ブロック塀の変位，下からは湧水



写真-3.3.4 玉石積擁壁の亀裂



写真-3.3.5 ③ブロック斜面下の湧水

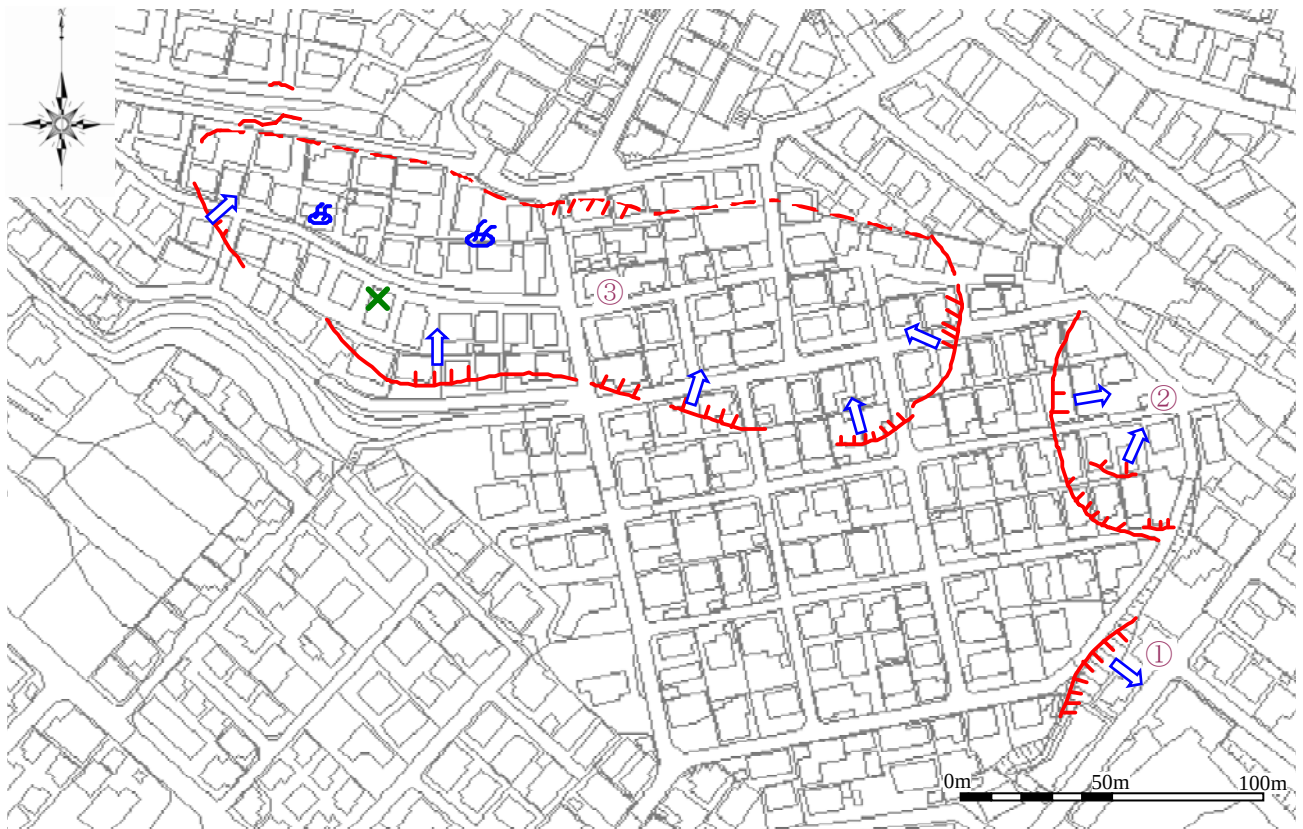


図-3.3.1 太白区緑ヶ丘C地区の亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい ぐらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真-3.3.6 斜面下の擁壁からの湧水



写真-3.3.8 コンクリート床板の座屈



写真-3.3.7 ガレージ内の亀裂

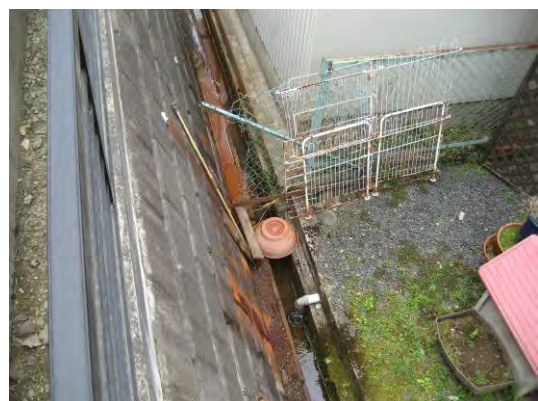
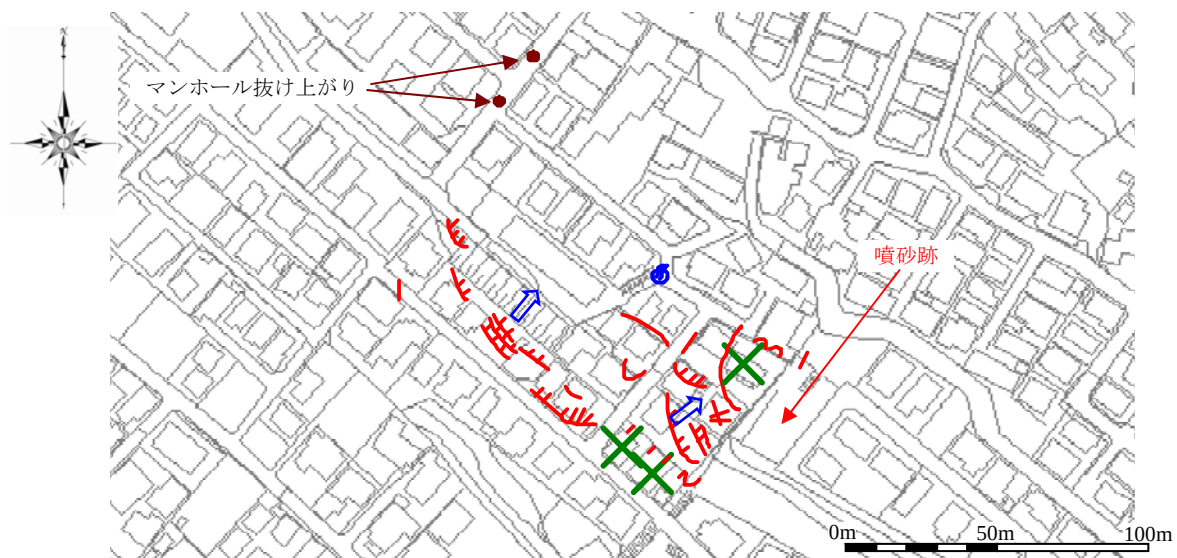


写真-3.3.9 二酸化鉄を含む湧水跡



図－3.4.1 太白区青山の亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい くらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)

3.4 太白区青山

図－3.4.1 に太白区青山周辺の亀裂分布図ならびに倒壊家屋を示す。当該地域は昭和 40 年頃に、斜面上に小規模な切盛により造成された宅地で、斜面下部の道路ではマンホールが液状化により浮き上がり、地下水位が高かったことが推察された (写真－3.4.1)。斜面上に造られた道路に沿った擁壁からも多くの湧水が確認できた (写真－3.4.2)。また、この道路から斜面下端部にある河川までの宅地 4～5 区画を含む大きさですべりが発生した (写真－3.4.3～3.4.5)。移動土塊に隣接する場所にある L 型擁壁では大きな被災は見受けられなかったが、水抜き穴からは湧水が見られた (写真－3.4.6)。すべり破壊が発生した斜面下端部の道路破損部では湧水がみられた (写真－3.4.7)。地元の人の話では、宮城県沖地震の際にも同様の湧水が発生したということであった。当該地は人家が密集している地域で、かつ地下水位が高かったために被災が大きくなったものと思われた。



写真－3.4.3 斜面上端部の住宅被害



写真－3.4.4 斜面中央での崩壊



写真－3.4.1 マンホールの浮き上がり



写真－3.4.2 ブロック積擁壁からの湧水



写真－3.4.5 斜面下端部での斜面崩壊

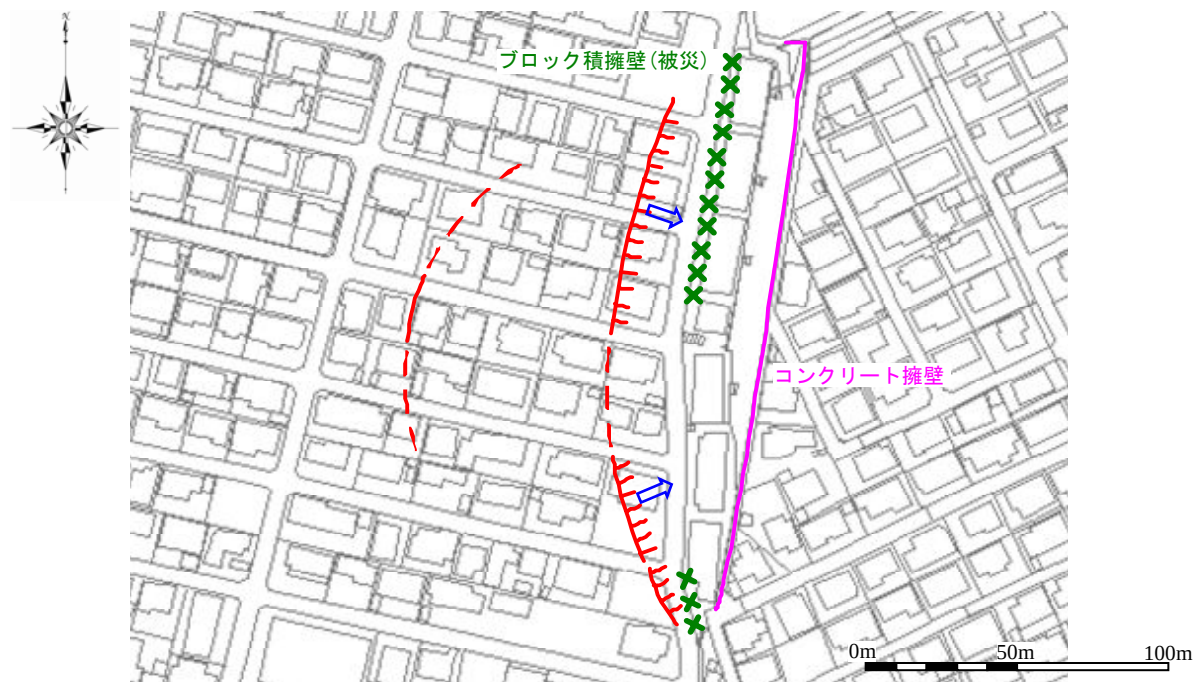


図-3.5.1 太白区松が丘亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい ぐらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真-3.4.6 L型擁壁からの湧水



写真-3.4.7 斜面下端部における湧水

この擁壁がはらみ出しによる水平亀裂が入り、現在は大型土嚢で押さえ盛土がなされていた (写真-3.5.3)。被災ブロック積擁壁天端の道路は大きな変状は見られなかったが (写真-3.5.4)、道路に面する宅地にはブロック積擁壁に平行に大きな亀裂が入り、亀裂上の建物は大きな被災を受けていた (写真-3.5.5)。加えて、当該地区では道路から3~4区画奥の宅地も沈下現象が発生し、ブロック塀が被災を受けていた (写真-3.5.6)。この沈下は盛土の沈下なのか、あるいはコンクリート擁壁法尻に抜けるような、より大きなすべり面のスランプによる滑落崖の沈下なのか、今後、詳細に調査する必要がある。



写真-3.5.1 変状箇所西側のコンクリート擁壁

3.5 太白区松が丘

図-3.5.1 に太白区松が丘周辺の亀裂分布図を示す。昭和35年頃から造成された大規模盛土で、盛土のり尻には高さ約7mのコンクリート擁壁 (この擁壁の下流側は青山1丁目になる) があり、その上に高さ約3mの盛土のり面が続き、幅約15m程度の駐車場が有り、さらに高さ約2m程度のブロック積の上にアパートが建っている (写真-3.5.1)。両方の擁壁には湧水跡や目立ったクラックは見られなかった (写真-3.5.2)。このアパートの西側には高さ約3mの布積みによるブロック積擁壁があり、

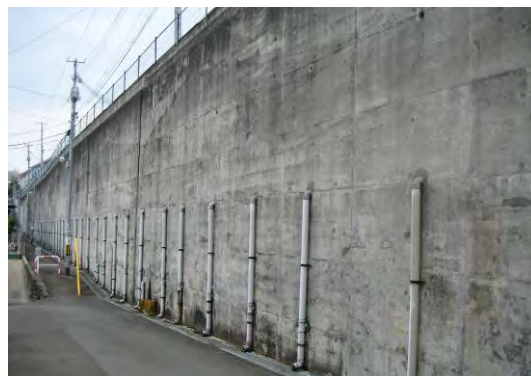


写真-3.5.2 変状箇所西側のコンクリート擁壁

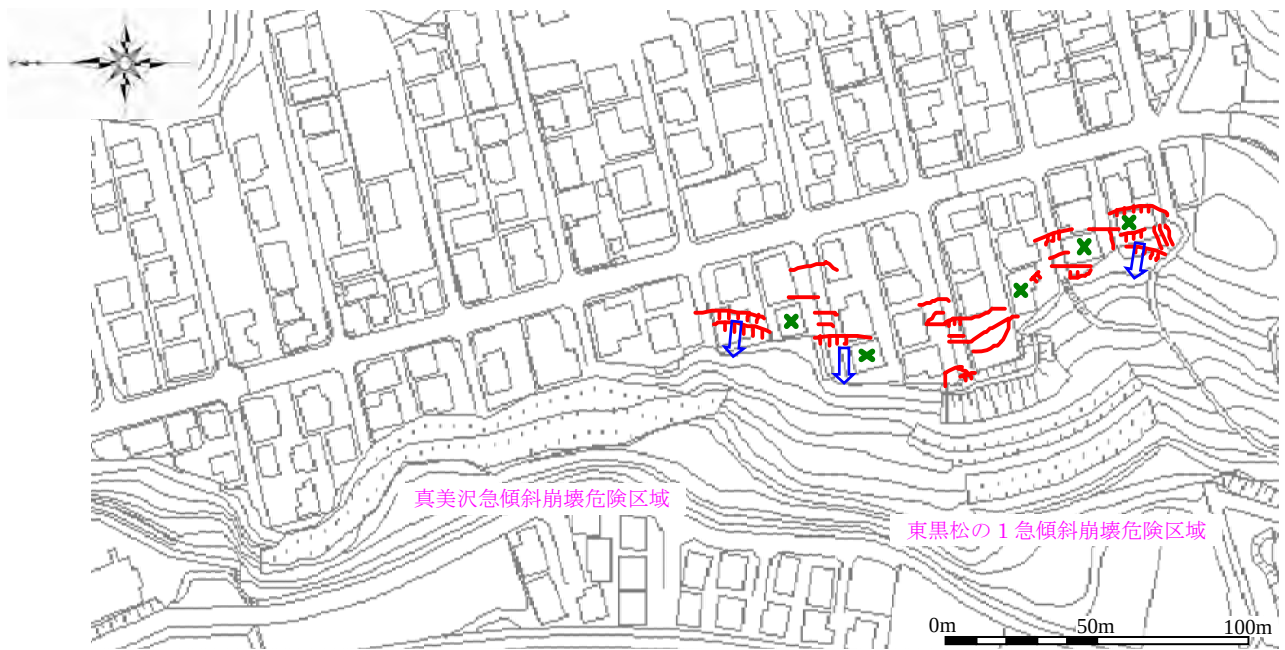


図-3.6.1 泉区東黒松亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい ぐらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真-3.5.3 ブロック積擁壁の変状状況



写真-3.5.6 擁壁より離れた位置の路面沈下



写真-3.5.4 ブロック積擁壁天端道路の状況



写真-3.5.5 亀裂上建物の変状状況

3.6 泉区東黒松

昭和 41 年頃からの造成地で、丘陵地の頭部が主に切土により平坦地に造成されている。図-3.6.1 に泉区東黒松周辺の亀裂分布図を示す。南北に走る地下鉄の東側の谷に面した自然斜面が変形し、法肩にある宅地に開口亀裂が生じるなど、1～2 区画分が被災していた (写真-3.6.1, 3.6.2, 3.6.3)。

この地域は「真美沢急傾斜崩壊危険区域」(法肩まで現場打ち法枠コンクリートによるハード対策済で被害なし)、「東黒松の 1 急傾斜地崩壊危険区域」(法中央までハード対策済で、斜面上部で被害発生)に指定されており、法肩まで枠工が施工された斜面には被災はなかった (写真-3.6.4, 3.6.5)。また、その南側に隣接する未対策の斜面の法肩が被災しており、宅地に段差が生じ家屋が被災した。



写真-3.6.1 宅地に認められる開口亀裂

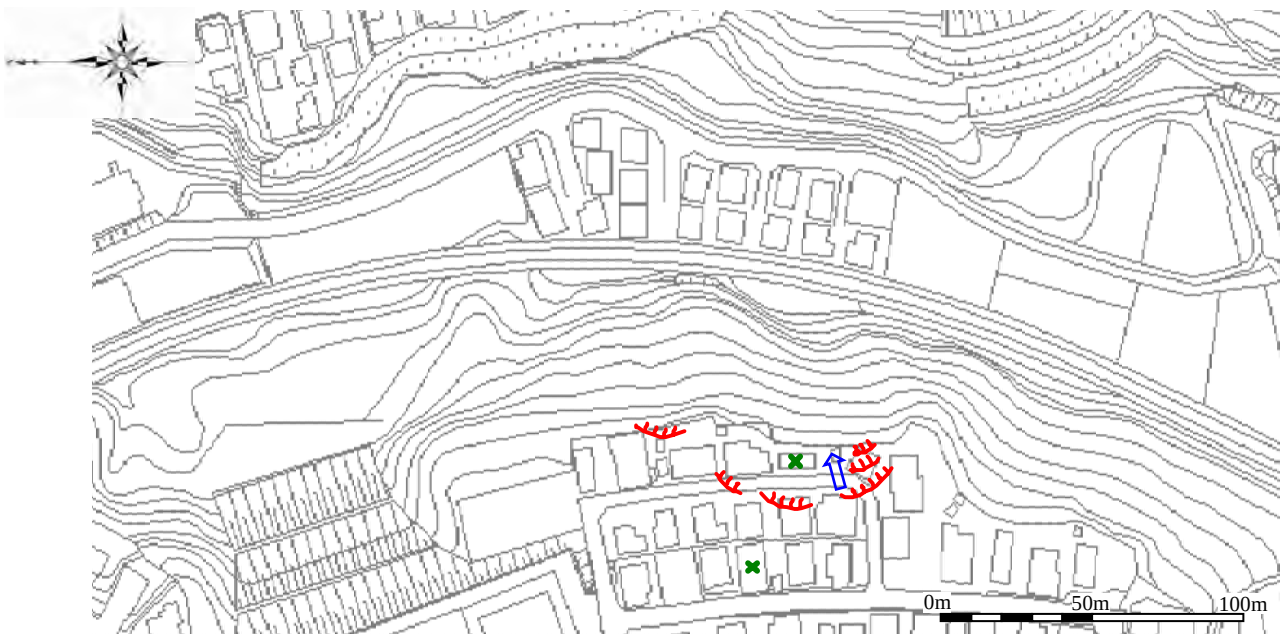


図-3.7.1 泉区黒松亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい くらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真-3.6.2 1列目の人家の被災状況



写真-3.6.5 東黒松の1急傾斜崩壊危険区域の対策済の隣接斜面



写真-3.6.3 1列目の人家の被災状況



写真-3.6.4 真美沢急傾斜崩壊危険区域の対策済の隣接斜面

3.7 泉区黒松

青葉区東黒松と地下鉄を挟んで対岸の斜面である。図-3.7.1に泉区黒松周辺の亀裂分布図を示す。ここでも自然斜面が変状し、肩部にある宅地及び空き地に数条の平行な亀裂が見られた(写真-3.7.1)。また、法肩から一区間挟んだ道路の変状状況から、のり面側に地盤が移動した形跡が認められた(写真-3.7.2)。この住民の話によれば、3月11日に電柱が家屋側に傾斜し、被災したがその後一度修復した。しかし、4月7日の余震により再び被災し、電柱が再び傾斜したままであった(写真-3.7.3)。お話を伺った住民の木造家屋の基礎が30cmほど斜面側にずれていた(写真-3.7.4)。住民の話では、元々斜面肩部の宅地は、造成地として築造されたものではなく、単なる撒きだしであったようである。このためか、ここでは本震時には噴砂が見られたとのことであった。

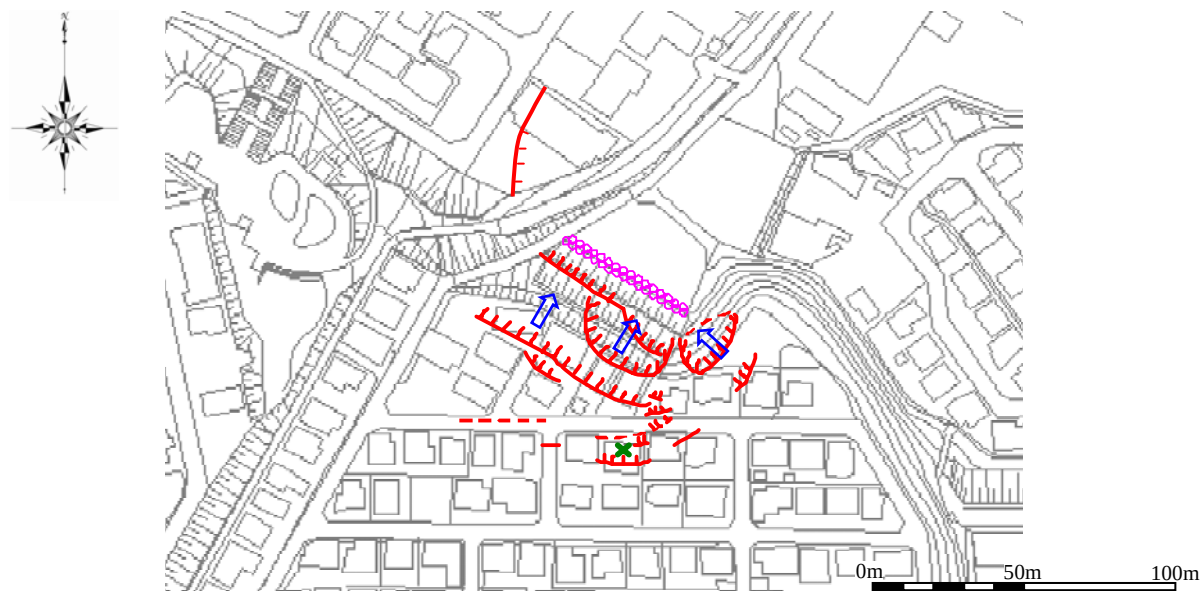


図-3.8.1 泉区南光台亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい ぐらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真-3.7.1 斜面に面した空地のクラックの状況



写真-3.7.4 木造家屋の変状状況



写真-3.7.2 道路に生じたクラックと左への移動状況



写真-3.7.3 道路および電柱の変状状況

3.8 泉区南光台

昭和 37 年から 60 年にかけて造成された大規模宅地である。図-3.8.1 に泉区南光台周辺の亀裂分布図を示す。当該地は開口部を有した大規模盛土下端の盛土斜面に変形が見られた (写真-3.8.1, 3.8.2)。このため盛土斜面の肩にある宅地 1 区画分は被災していた (写真-3.8.3, 3.8.4)。また、道路を隔てたアパートにも変状が確認された (写真-3.8.5)。被災した家屋は 10 戸未満である。盛土斜面ののり尻は井桁擁壁、側面には蛇籠が施工されていた。これより、当該地では地下水位が高かったことが推測される。1978 年の地震後に施工されたと推察される井桁擁壁は 10~15cm ほど前面に移動していた (写真-3.8.6) が、調査時には大型土嚢で押さえられていた。東側盛土斜面 (向かって左側) は地山で、西側 (右側) は道路になっていた。盛土と地山との境界に現場打コンクリート製の階段が設置されていたが、盛土崩壊に伴って大規模な変状を生じた (写真-3.8.7)。当箇所は宮城県沖地震でも被災しており、その対策として設置された鋼矢板が確認された (写真-3.8.8)。道路側には河川があり、その対岸は沖積層が分布しているが、そこに立地するアパートとその駐車場に亀裂が走っていた (写真-3.8.9)。ここでは盛土法面の法肩に外周道路が無いことが、宅地被害を大きくさせたものと推定された。



写真－3.8.1 下部からみたのり面の被災状況



写真－3.8.2 上部からみたのり面の被災状況



写真－3.8.3 宅地の被災状況(1)



写真－3.8.4 宅地の被災状況(2)



写真－3.8.5 道路を隔てたアパートの被災状況



写真－3.8.6 法尻の井桁擁壁工の変状



写真－3.8.7 地山との境界に設置された階段の変状



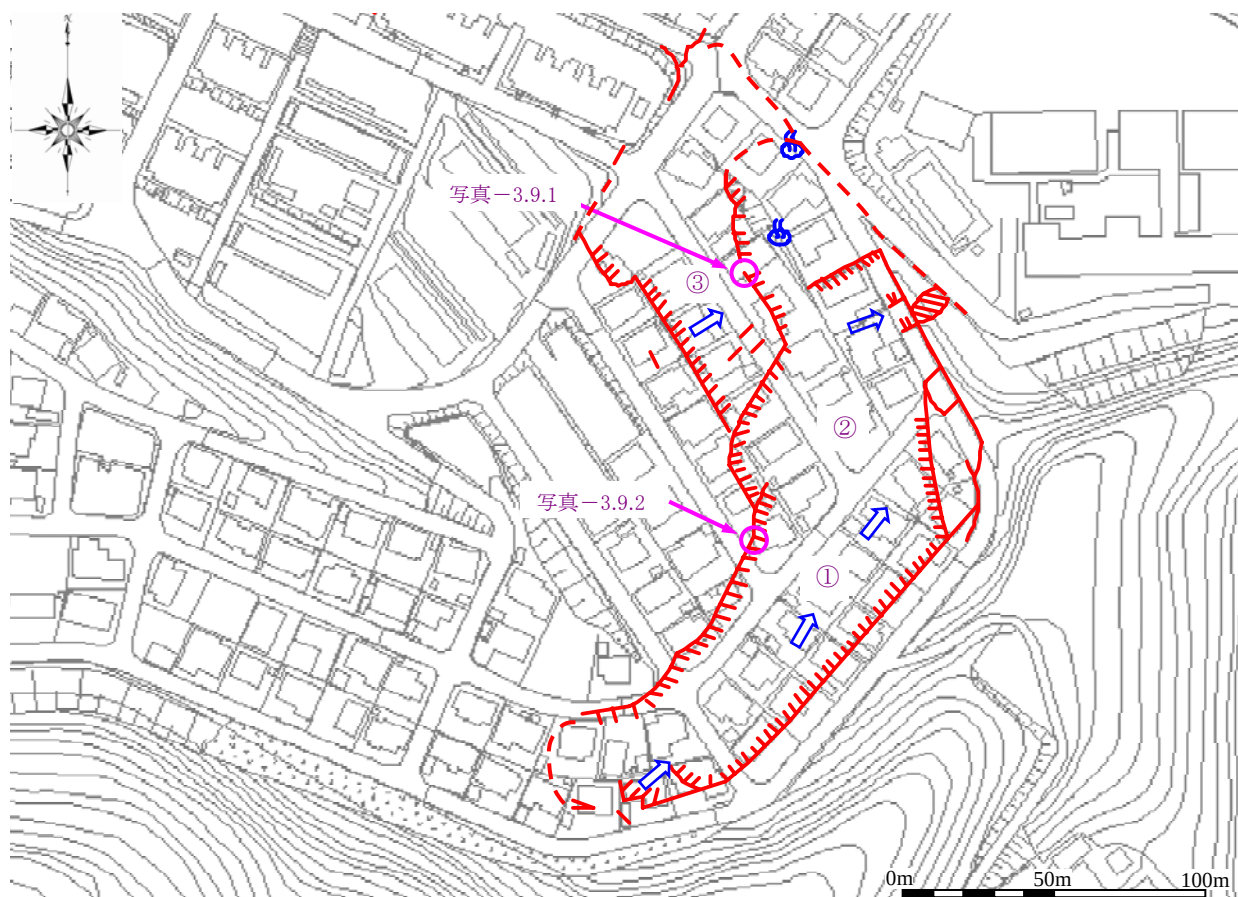
写真－3.8.8 階段付近で確認された鋼矢板



写真－3.8.9 対岸のアパートと駐車場の変状

3.9 青葉区折立 A 地区

青葉区折立地区は、昭和 40 年～昭和 47 年にかけて造成された宅地であるが、1978 年の宮城県沖地震による被災は報告されていない⁸⁾。当該地の亀裂分布を図－3.9.1 に示す。当該地では大規模な変状が発生し、家屋が大きな被害を受けている(写真－3.9.1, 写真－3.9.2)。調査によると移動土塊は 3 ブロックに区分された。復建技術コンサルタントの作成による「仙台市周辺 1/25,000 造成宅地地盤図」⁹⁾によると移動土塊は埋立部分に該当しており、切土部分の道路では全く被害がみられなかった(写真－3.9.3)。図－3.9.2 に造成地盤の粒度を示す。100mm を超える石分もみられたがここでは除外している。非常



に風化が進んでおり、一部指圧で簡単に破砕するものも見られた。



ブロック①とブロック②の境界では、写真－3.9.4 示すような崩壊形態であった。この写真では全体として擁壁は左側から右側に移動しており、下部のブロック積擁壁が前面に移動し、上部にあった玉石積擁壁がブロック積擁壁の背面に落ち込んでいる様子が見える。これより、ブロック積擁壁が先に移動し、その直後に玉石積擁壁が破壊しているように見える。これより、当該地区ではブロック①とブロック②はほぼ同時に移動を始めたが、わずかにブロック①が先に移動し、その直後にブロック②が移動したものではないかと推察された。ブロック③が独自に宅地境界に沿って滑ったものと思われた。ブロック①では滑落崖よりさらに上流側の駐車場で噴砂の跡と思われる砂を観察した(写真－3.9.5)。ブロック①では左右のせん断破壊面に亀裂が出現し、ブロック②では滑落崖で大きな亀裂が出現し(写真－3.9.6)、その移動はブロック①と比較して大きなものであり、このせん断亀裂面に位置している家屋は大破していた。写真－3.9.7 は左側へのせん断破壊の状況を示しているが、せん断によるズレの量は水平方向で約 1.8m にも達していた。奥の道路が左側へ移動したことが推察できる。写真－3.9.8 は下流側の変状を示している。ここでは写真－3.9.9 に見られるように宅地は大きな被害を受け、家屋は全壊していた。また、移動土塊の最下端は折立小学校校門横ののり面まで達しており、のり面の崩壊がみられた(写真－3.9.10)。

写真-3.9.1 折立地区住宅被害(1)



写真-3.9.3 切土部分の道路



写真-3.9.4 境界部分での擁壁の破壊



写真-3.9.5 駐車場の噴砂痕跡



写真-3.9.6 ②ブロックでの亀裂



写真-3.9.7 左側へ移動したブロック



写真-3.9.8 下流部分での変状



写真-3.9.9 下流部の家屋被害



写真-3.9.10 移動土塊最下端

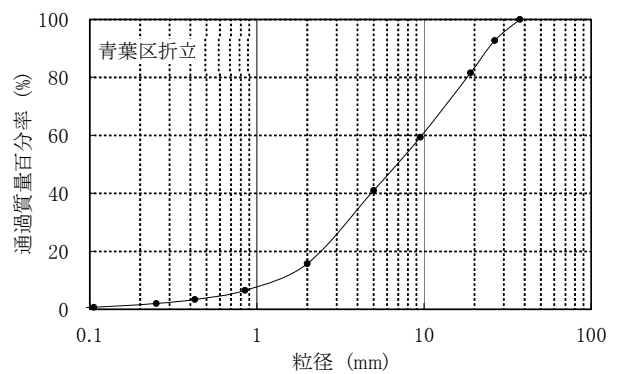


図-3.9.2 折立造成地盤の粒度

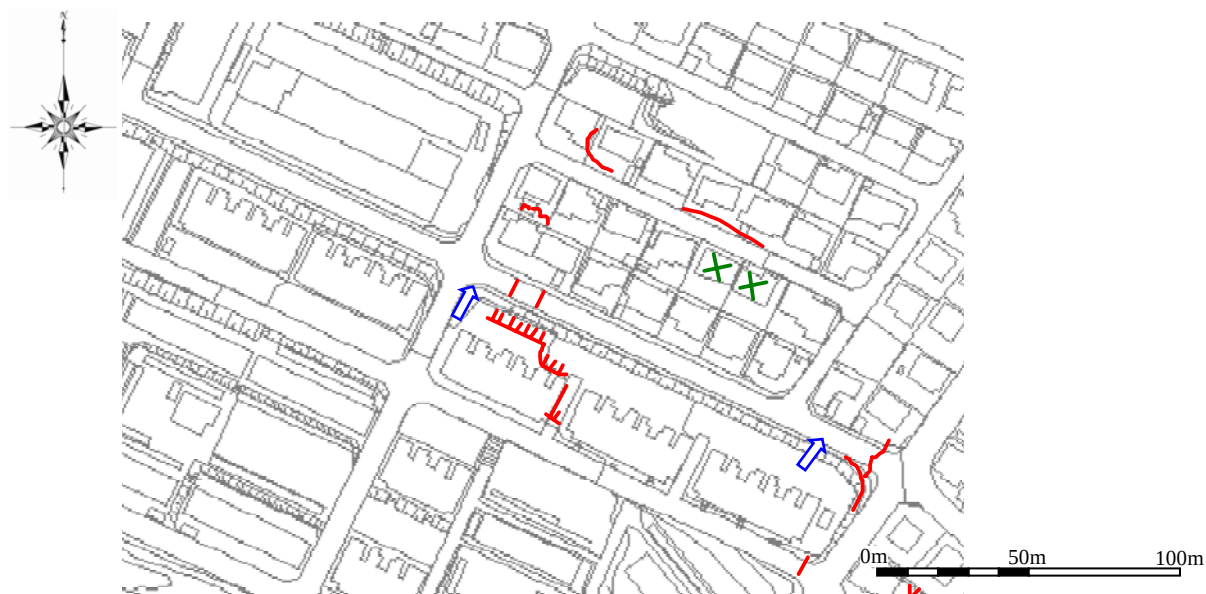


図-3.10.1 青葉区折立 B 地区亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい くらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)

3.10 青葉区折立 B 地区

3.9 節で述べた宅地に隣接する B 地区でも亀裂が生じ (図-3.10.1), 住宅棟 2 つの間の地盤が抜けるような被害が発生していた (写真-3.10.1, 3.10.2)。その前面の駐車場も変形が発生したようであった (写真-3.10.3)。写真-3.10.1 では変形は左側から右側に出現しているが, この B 地区住宅棟の前側にある住宅は全壊したためか, 撤去されていた (写真-3.10.4)。当該地区は先にあげた「1/25,000 造成宅地地盤図」⁹⁾によると A 地区とは異なる埋土である。また, この付近では写真-3.10.5 に見られるような擁壁があった。これはブロック積擁壁の上にコンクリートで擁壁が造られた二段積擁壁で, さらにその上にコンクリートブロックが 5 段積まれて, ブロック塀が築造されていた。これらの段積擁壁は, 宅地造成等規制法では認められていない擁壁である。また, 住宅棟前の道路では写真-3.10.6 に示すような変位が生じており, 北東方向へ移動した形跡がみられた。



写真-3.10.2 B 地区の被害



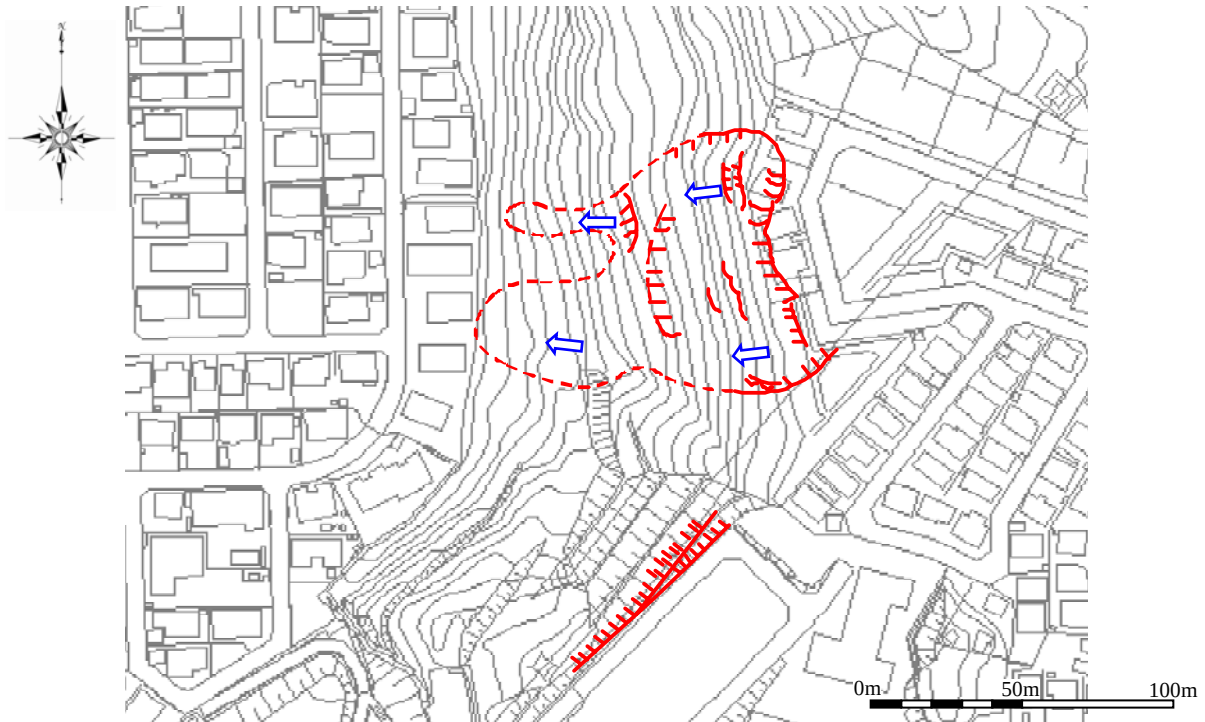
写真-3.10.3 駐車場の被害



写真-3.10.1 住宅棟基礎部分の被害



写真-3.10.4 B 地区住宅棟前の宅地 (撤去後)



図－3.11.1 青葉区西花苑亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい ぐらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真－3.10.5 B 地区周辺の擁壁



写真－3.10.6 B 地区の道路

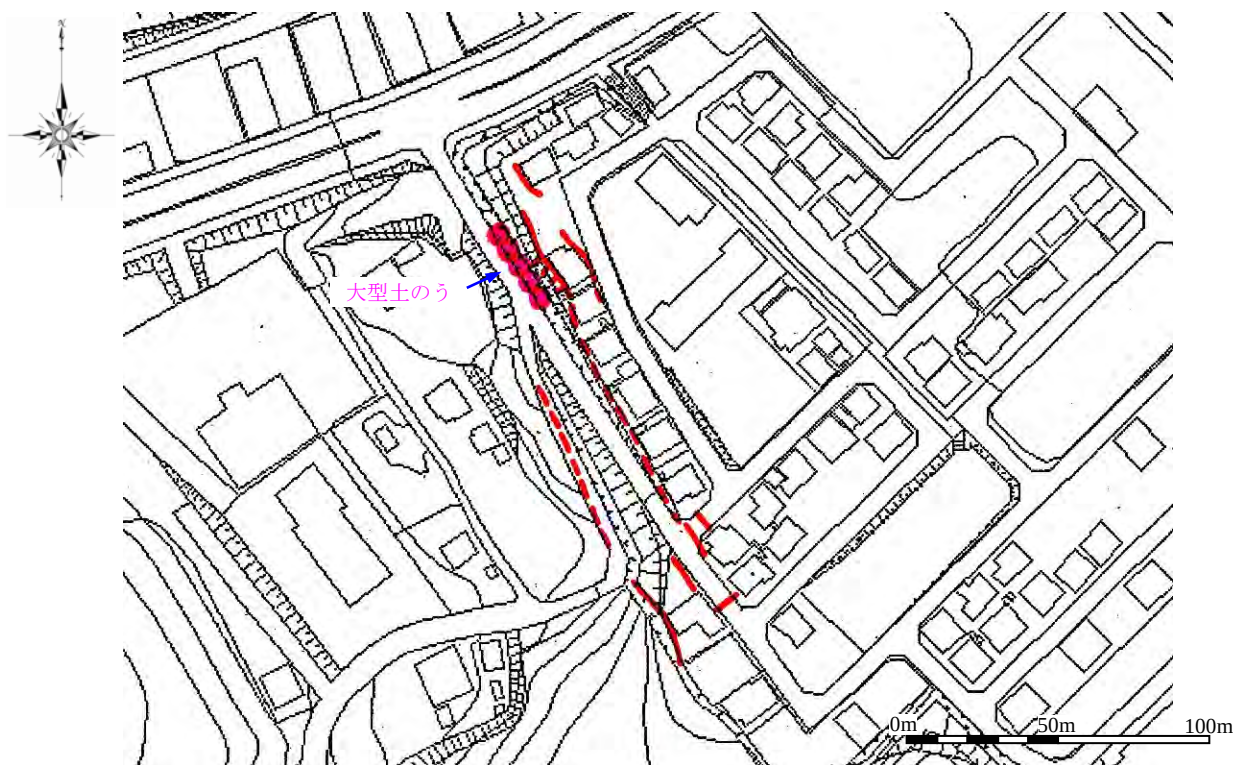
3.11 青葉区西花苑

青葉区西花苑は昭和 50～53 年にかけて造成された宅地であるが、図－3.11.1 に西花苑周辺の亀裂分布図を示す。今回崩壊した宅地は造成宅地地盤図⁹⁾に存在しないことから、被災箇所は最近になって宅地化されたものと考えられる。隣接する栗生地区より約 20m 程高く、その間は大部分が自然斜面と思われるが、過去の人為作業の結果と思われる小段状の緩斜面があり、緑色をしたジオテキスタイル状のものや、コンクリート製の U 型トラフ

(写真－3.11.1) や黒いメッシュ、有孔管 (写真－3.11.2) などの対策工も見られ、これは斜面を覆っていたものと推察された。被害が発生した 5 宅地は外周道路を挟まずに、斜面の法肩に位置しており、そのうち家屋 1 戸は下方に倒壊していた (写真－3.11.3)。南側には盛土のり面が見られたが、この盛土は法肩に比較的軽微な変状が生じている程度であった (写真－3.11.4)。崩壊した土砂はシルト質～シルト混じり砂礫であり、法肩から生じた崩壊は斜面中腹の等高線間隔がやや広がっている中腹に一部末端を形成しながら、一部は下流に流下した。流下した土砂は途中で二方向に分かれ、一部は斜面下方のアパートの敷地に堆積し (写真－3.11.5)、もう一方は斜面の途中で止まっていた。自然斜面下端部とアパートの敷地の間には水路が設置されていたが、多くの水量があった。



写真－3.11.1 崩壊状況と U 型トラフ



図－3.12.1 青葉区南吉成亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい くらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真－3.11.2 有孔管暴露状況



写真－3.11.5 法尻の崩壊土の状況



写真－3.11.3 崩壊家屋の状況



写真－3.11.4 南側盛土のり面

3.12 青葉区南吉成

青葉区南吉成地区は昭和63年～平成3年にかけて造成された宅地で、道路2本を含む盛土斜面に変形が発生していた。図－3.12.1 は当該地区の亀裂分布図である。盛土斜面肩部に位置する宅地一区画とそれに続く道路を含む部分が被災し、道路上に亀裂が見られた。今回被災した箇所は宅地地盤図⁹⁾によると切土部分に相当するが、現地調査の結果では小規模な切盛があり、亀裂が発生した箇所は盛土斜面であると考えられる。写真－3.12.1 は被災を受けた住宅である。住宅背後ではのり肩部の一部崩壊していた(写真－3.12.2)。のり面下部のブロック積擁壁にはハラミ出しが見られ、大型土嚢で押さえ盛土が行われていた(写真－3.12.3)。この部分が盛土部分であった可能性が高い。さらに下方に位置する道路と宅地進入路の間にあるブロック積擁壁にも被害が見られたが(写真－3.12.4)、道路の舗装が細かく割れており(写真－3.12.5)、下方へ移動する変形があったものと推察された(写真－3.12.6)。この変位がみられた道路に沿ったブロック積擁壁には大きな亀裂が見られた(写真－3.12.7)。



写真-3.12.1 宅地の被害



写真-3.12.2 のり肩部分の崩壊



写真-3.12.3 大型土嚢による押さえ盛土



写真-3.12.4 ブロック積擁壁の被害



写真-3.12.5 道路舗装の被害



写真-3.12.6 路肩部の移動



写真-3.12.7 ブロック積擁壁の亀裂

3.13 泉区北中山

平成に入ってから造成された比較的新しい造成地である。図-3.13.1 に泉区北中山周辺の亀裂分布図を示す。盛土末端に斜面があり、その下に調整池がある（写真-3.13.1, 3.13.2）。盛土斜面が法肩に設置された道路のガードレールを巻き込んで崩壊し、小段4段分下に設置されたのり尻の道路上に堆積し、一部は道路を越えて調整池に続く法面に達するなど、比較的大規模な崩壊を生じた（写真-3.13.3）。ここでは道路の通行人が一人死亡する事故が起きた。斜面肩部の道路は法肩が崩壊し仮設の水道管が設置されていることから、道路直下に敷設された水道管も被害を受けたものと推定される。それに続く宅地4戸と斜面に直交する道路も亀裂が生じていた。ただし、被災宅地は道路を挟んで法肩から離れた位置であることもあり、崩壊土砂の規模と比べると被災の程度は小さいものであった。2区間分内側に入った道路でも、軽微なクラックが生じている程度で収まっていた（写真-3.13.4）。盛土斜面勾配は1:2.0で軽量法枠が設置され、小段には排水溝が設置されていた。盛土材料は強風化の凝灰岩を母岩とした粘土質礫混り砂であり、保水性の高さをうかがわせるものであった。調査時点でも崩壊土砂末端に湧水が観察された（写真-3.13.5）。

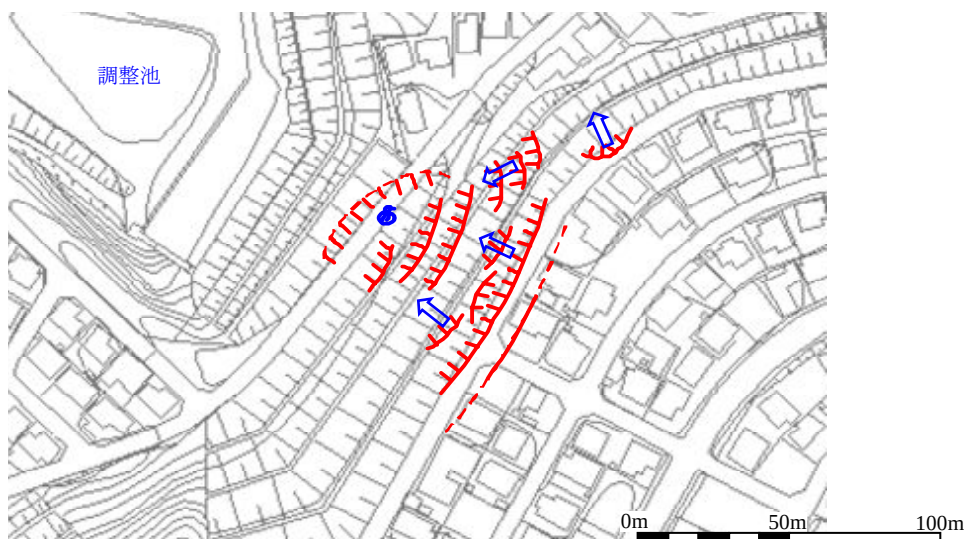


図-3.13.1 泉区北中山の亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：せんだい ぐらしのマップ (地形情報)、仙台市 HP より)



写真-3.13.1 崩壊箇所の状況(1)



写真-3.13.4 斜面肩部の道路から2区画内側の路面状況



写真-3.13.2 崩壊箇所の状況(2)



写真-3.13.5 崩壊箇所法尻の湧水状況



写真-3.13.3 崩壊箇所法尻の状況

3.14 亶理郡山元町 A 団地

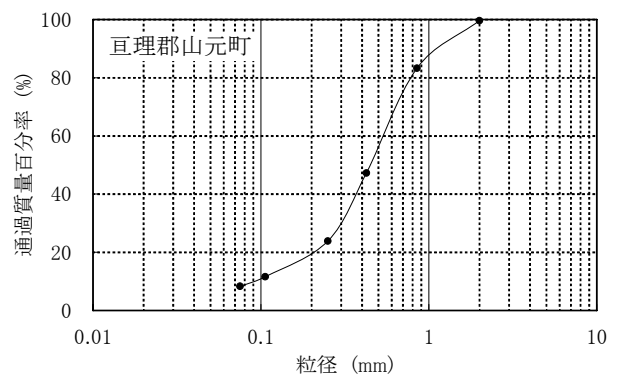
図-3.14.1 は亶理郡山元町 A 団地の亀裂分布図である。当該団地は 1978 年宮城県沖地震以降に造成された団地であり、今回の地震で津波被害を受けた沖積地に続く丘陵地形である。地質は飛田・今西¹⁰⁾によれば新第三紀鮮新世の山下層砂岩であるが、強風化して細粒化が進んでいる。また、この砂岩の湿潤密度は 1.84g/cm^3 (含水比 8.7%) であり、密度が低いことがわかる。また、風化して細粒化した土の粒度は図-3.14.2 のようになり、非常に均一な粒径の中砂である。この団地への進入路ののり面には崩壊跡地を補強土工法で修復したのり面があり、



図－3.14.1 亘理郡山元町 A 団地の亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：Yahoo Japan HP より)

それに続いて地山の切取りのり面に続いて盛土のり面があったが、このり面が大きく崩壊（崩壊①）していた（写真－3.14.1）。この崩壊地の肩には、家がまだ建っていない宅地があったが、この宅地を含んで崩壊していた（写真－3.14.2）。宅地進入路に沿ってさらに登っていくと道路に亀裂が入っていた（写真－3.14.3）。この崩壊は上部の宅地の崩壊によるものであった（崩壊②、写真－3.14.4）。この団地ではこの2箇所の崩壊の他に、団地の外周でさらに3箇所で大きな崩壊が見られた。写真－3.14.5に示す崩壊（崩壊③）では道路と宅地5区画以上を巻き込む大きなもので、家屋は大きな被害を受けていた。公園にも崩壊（崩壊④）に起因する大きな亀裂が見られたが（写真－3.14.6）、この崩壊は幸いにも宅地には大きな被害は及ぼしていなかった。この公園内に限らず当該団地内の随所において液状化が発生した痕跡が確認できた（写真－3.14.7）。しかし、この崩壊地に隣接する崩壊（崩壊⑤）では、道路と宅地、家屋が大きな被害を受けていた（写真－3.14.8）。同行していただいた東北学院大学の飛田教授によれば、被害が日々拡大しているようで、余震の影響かと思われた。しかし、崩壊が地下埋設管路を切断していることもあり、崩壊堆積地では湧水もみられ（写真－3.14.9）、雨水排水管路からの供給も推察され、早急に水が回ってこないような対策が必要であると感じられた。その他、侵入路近くの自然斜面でも崩壊（崩壊⑥）が生じていた。この団地では、外周路付近の6箇所の崩壊のみならず、団地内においても道路に大きな落差

を生じていることが見られた（写真－3.14.10）。復建技術コンサルタント作成による「造成宅地地盤図」によると、北西から南東方向にも大きな谷埋め盛土が施工されており、この盛土に起因する落差であったと推定された。



図－3.14.2 風化して細粒化した砂の粒度



写真－3.14.1 進入路のり面の崩壊



写真-3.14.2 進入路のり面上部の被害



写真-3.14.7 公園内の噴砂



写真-3.14.3 進入路上部道路の亀裂



写真-3.14.8 団地西部の崩壊



写真-3.14.4 進入路上部のり肩宅地の崩壊



写真-3.14.9 崩壊堆積地でみられた湧水



写真-3.14.5 北西進入路付近の崩壊



写真-3.14.10 団地内部の道路段差



写真-3.14.6 団地西側公園内の亀裂

3.15 白石市 A 団地

標高 80～100m の緩い丘陵地形に、昭和 47 年頃から造成された 23 ヘクタール、宅地 273 区画、県・市営アパート（各 100 世帯）で計画された団地である³⁾。図-3.15.1 には 1978 年宮城県沖地震時における白石市 A 団地の被災範囲平面図および断面図を、図-3.15.2 に白石市 A 団地周辺の亀裂分布図を示す。地質は新第三紀中新統の白河累層と呼ばれる砂礫よりなる火山灰質凝灰岩で、多量の浮き石が混入されている³⁾。ここでは 1976 年 8 月の集中豪雨により一部が崩壊した。崩壊後の調査によると、最大高 25m の谷埋め盛土で、N 値は 0～10 であったことが報告されている。その後、1978 年の宮城県沖地震により、崩壊面積 16,000m²、崩壊土量 80,000m³ に達する崩壊が発生した。崩壊部の側方は切土と盛土の境界にほぼ一致し、埋めた谷には湧水とため池が存在していたと報告されている¹¹⁾。この崩壊後、集水井が 2 基施工され崩壊地は 1:3.0～4.0 程度の緩勾配の緑地となり、のり尻にはふとんかご工が設置された（写真-3.15.1）。今回の地震により、集水性から離れた位置にある緑地の上半部で、浅いすべりが発生した。移動土塊は数多くのブロックに細分され（写真-3.15.2）、1978 年の大規模崩壊時の対策工としての有孔管も見られた（写真-3.15.3）。崩壊箇所のクラックには水たまりが見られ、盛土材料の保水力の高さを伺わせた。崩壊した緑地法肩上部には公園や一区画分の宅地があり、これに面して道路が建設されていた。しかし公園内には亀裂が入り（写真-3.15.4）、宮城県沖地震で発生した崩壊範囲の外側の宅地の擁壁にも亀裂が

入っていた（写真-3.15.5）。さらにその奥の道路にも崩壊した緑地に向かって直線状に亀裂が入っていた（写真-3.15.6）。



写真-3.15.1 ふとんかご敷設状況と集水井



写真-3.15.2 崩壊箇所の状況

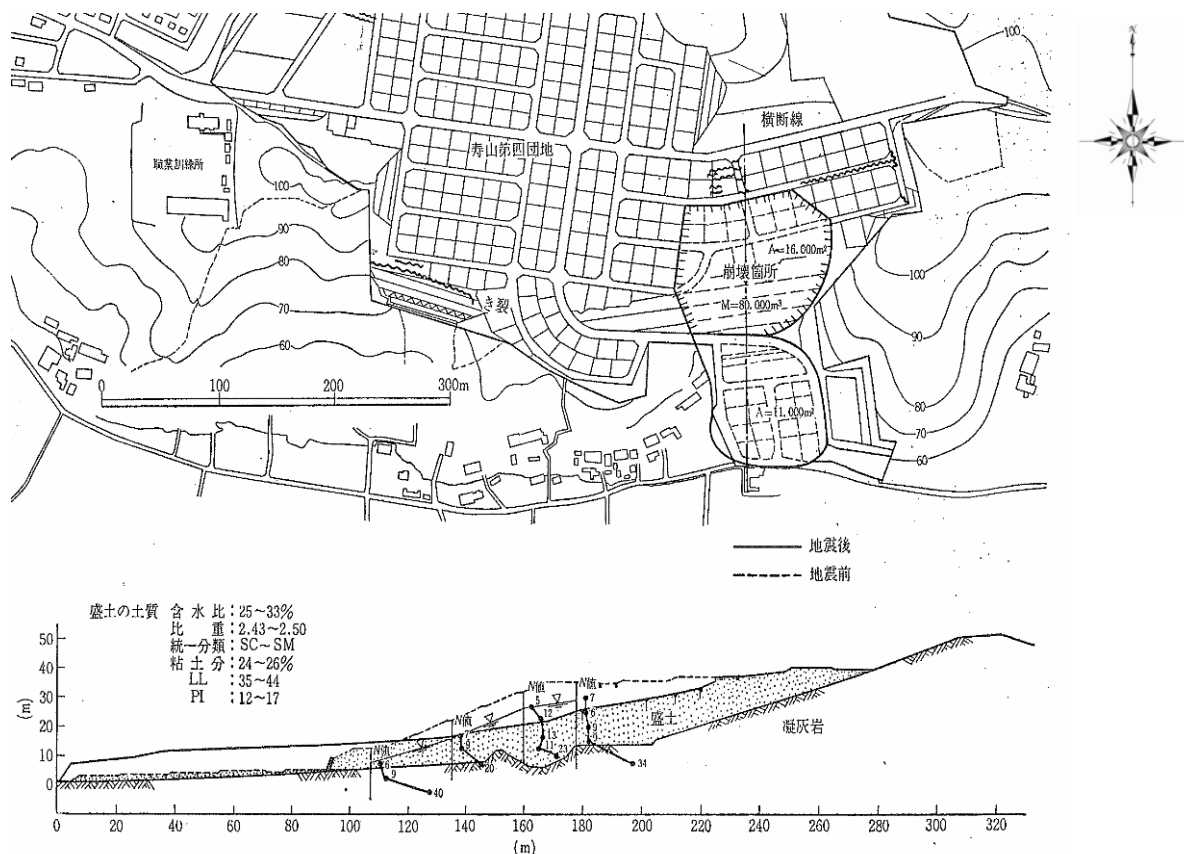


図-3.15.1 1978 年宮城県沖地震時における白石市 A 団地の被災範囲平面図および断面図³⁾

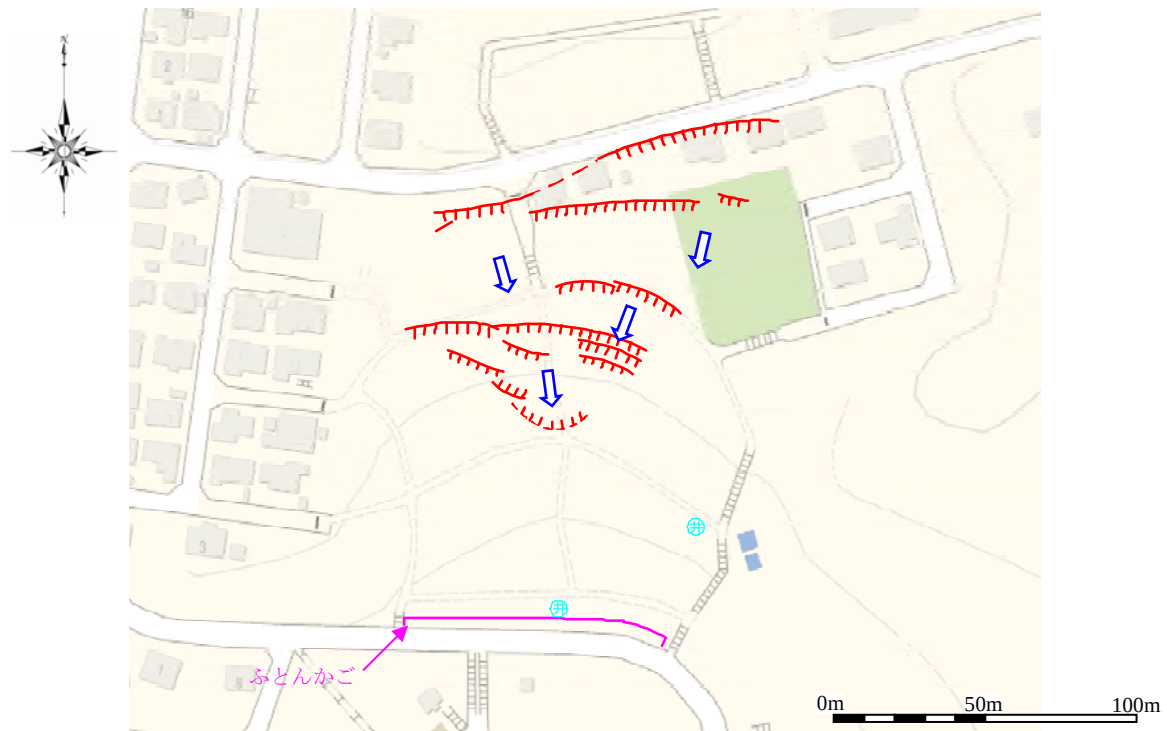


図-3.15.2 白石市 A 団地亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：Yahoo Japan HP より)



写真-3.15.3 有孔管暴露状況



写真-3.15.6 路面のクラック状況



写真-3.15.4 公園に生じたクラック



写真-3.15.5 宅地擁壁に生じたクラック

3.16 白石市東中学校

当該地区は比較的新しい造成地である。図-3.16.1 に白石市東中学校周辺の亀裂分布図を示す。白石市立東中学校の進入路がすべりにより大きく変形していた（写真-3.16.1）。変状は道路下部の擁壁にまでは及んでいなかった（写真-3.16.2）。このすべりの滑落崖は運動場にも広がっていた（写真-3.16.3）。さらに奥には新しい切取り斜面が見られたが、これは盛土のり面が崩壊し、崩土がコンクリート製の電柱を倒壊させ、道路を閉塞したために、崩壊土砂を除去した跡と判明した（写真-3.16.4）。この新しい切取りのり面からも湧水があったらしく切取りのり面の途中からガリーが発達していた（写真-3.16.5）。このように運動場の盛土では、地下水が十分排水されていない可能性がある。さらに運動場盛土のり面の途中には木杭が打設されていた痕跡もあり（写真-3.16.6）、盛土完了後も、このり面は安定していなかった可能性があったと推察された。このためこの盛土のり面で2箇所の大きな崩壊が発生したものと考えられた。

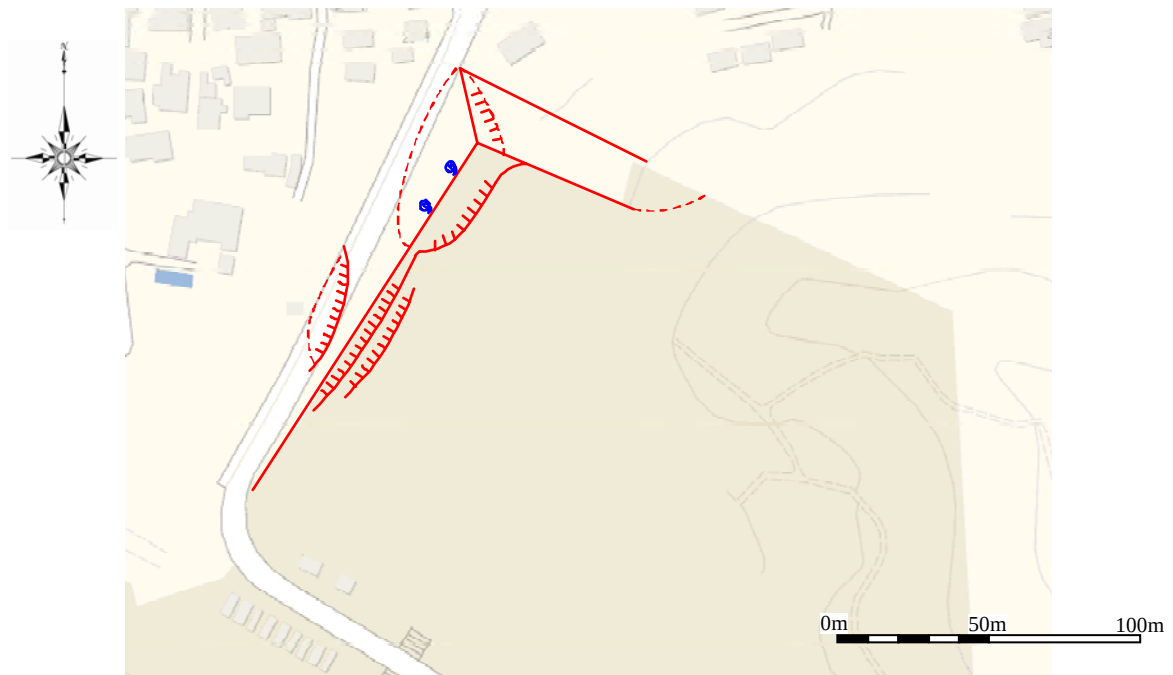


図-3.16.1 白石市東中学校亀裂分布図 (S=1:2,500) (地形図出典：Yahoo Japan HP より)



写真-3.16.1 道路の崩壊状況



写真-3.16.4 変状を生じ排土された斜面 (連続写真)



写真-3.16.2 道路下部のブロック積擁壁の状況



写真-3.16.5 切取りのり面の途中から発生したガリー



写真-3.16.3 道路上部の運動場の変状



写真-3.16.5 盛土のり面の木杭打設跡

4. まとめ

4.1 宅地盛土の特徴

盛土は宅地のみならず、道路や鉄道においても施工されている。しかし、両者の間には大きな違いがあることをまず認識しておく必要がある。道路や鉄道における盛土斜面は、公共施設であり、安全な交通、通行を確保するため、常に維持管理が行われ盛土斜面の安定の配慮が行われる仕組みになっているが、宅地は個人所有物であるため宅地盛土および宅地盛土斜面は維持管理が行われないことである。このため、宅地盛土は構築時において安全性が確保されている必要があり、昭和 37 年に宅地造成等規制法が施行され、法的な強制力を持って豪雨に対する宅地の安全が図られてきた。この法律の下で施工された宅地は、地震に対しても安全性が高いことは、阪神・淡路大震災をはじめ、多くの被災事例から明らかになってきている。

しかし、この法が施行されている面積は、平成 21 年当時約 100 万 ha で、これは我が国土の 2.7% にすぎないこと、法律施行時にすでに宅地であった場所では、新たな技術基準を満足しない、いわゆる既存不適格になっており、宅地の補強いわゆる将来の豪雨に対する備えはあまり進まない問題点があった。その後、地震による新しいタイプの被災が宅地で発生することが明らかになり、将来の地震に対する安全性を向上させるため、平成 18 年に同法の改正が行われた。しかし新規の造成工事に対しては、地震時の安定性が向上しても、既存の宅地に関しては地震時に危険な場所が残ることになり、将来の地震に対する「備え」として、宅地耐震化推進事業を行うために造成宅防災区域が新たに登場した。

4.2 宅地地盤・斜面の特徴

(1) 小規模な構造物であること

宅地は土木構造物に比して小規模な区画であり、この区画の安全性に着目すると小さな構造物で安全性が確保できることになる。このため大規模な土塊の移動に対する配慮に欠けやすい。いわゆる、木を見て森を見ずになることが多い。

(2) 上載荷重が小さい

宅地は建築物が施工されるために造成されるものであり、その建築物は木造が多く上載荷重が小さい。このため、法施行以前は締固めは十分に行われなかった。また地山とのなじみをよくするための段切り施工も行われなかったなど、地下水の排水に関しても十分な注意が払われなかった場所が多い。

(3) 建築構造物による補強が行われている

宅地は建築構造物が主体であるため、もし地盤の強度が不足した場合は、建築構造物の補強により、建築構造物の安全性が確保され、地盤の補強が行われることは少なかった。

(4) 維持管理が行われない

土木構造物とは異なり、維持管理が行われないため、地下水排水の目詰まりなど、時間依存性のある課題に対

して配慮する機会が少ない。

(5) 宅地災害は相隣関係が出現する

宅地は小規模構造物でお互いに隣接しているため、宅地造成等規制法では、宅地の所有者に対して宅地の保全義務を課しているが、豪雨時に比して地震時の被災は広域になる場合が多く、個々の宅地では対応が不可能になる。

4.3 今回の宅地被災の特徴

今回の東日本大震災による宅地被災は、国の報告によれば 5 月 23 日現在で、危険と判定された宅地は、岩手県 98 件、宮城県 886 件、福島県 269 件、茨城県 30 件、栃木県 101 件、群馬県 24 件、千葉県 10 件、新潟県 14 件と広域に及んでいる。

宅地に限らず盛土斜面が地震により被災する原因としては、粘性土系の盛土材料が使われている場合に被災が多い、締固め不足の場合に被災が多い、地下水が高い場合に被災が多い等のことが言われている。今回調査した仙台市内は、地質の概要でも述べたように新第三紀層が分布しているが、これは軟岩でかつ泥岩や凝灰岩など粘性土系の地盤が多く、必然的に盛土材料も粘性土系になる場所が多かった。締固めに関しては、詳しくはボーリング調査等の結果を待たねばならないが、過去の文献では、1978 年の宮城県沖地震時の調査結果では、宅地造成等規制法施行以前に施工された宅地では N 値は 5 以下の非常に緩い地盤が多かったようである。このため、今回の地震においても被災が多くなったと思われる。一方、地下水に関しては、今回の現地調査によれば、被災跡から地下水の流出が見られる場所もあり、地下水が多かったと思われる。このような原因により、今回、被災が多かったものと推察された。

4.4 今回の調査による教訓

今回の調査より得られた教訓に関しては、限られた調査地点数であり、被災の特徴を全て把握している訳ではないので、総括的な報告は出来ないが、得られた教訓と現在の宅地盛土の安全性確保上の課題について述べる。

(1) 地下水排水

今回調査した範囲では、地震時に盛土斜面が危険となる三要因がほぼ存在していた宅地が多かったことが推定されたが、この場合の対策として考えられることは、材料や締固めは不可能に近く、地下水位の低下が考えられる。このため、地下水位の低下を積極的に図る必要性が感じられたが、調査時に地元の先生方との討論で、地下水位を低下させると宅地地盤の不等沈下のおそれが指摘された。関西地方のように砂質系の材料であれば、心配ないが、粘性土系の材料ではその可能性は否定できなく、またその影響の程度も不明である。しかしながら、地震時の盛土は地下水位が高い場合には被災が発生する可能性があり、地下水排水を図っていく必要があることが考えられた。

(2) 外周道路

地震に危険な斜面は、縦断面的には凸型、遷急点のあ

る場所であることは過去の報告からも数多く指摘されている。山麓や段丘面で造成される宅地の場合には、必ず盛土斜面が出現し、縦断面的に凸型、いわゆる盛土斜面の肩部が出現する。地震時には、この法肩部が形状的に最も危険となるが、平穏時には、この法肩部は眺望が良く、人気のある宅地となる。このため、法肩部に宅地が造成されることが多い。しかし、地震時には大きな被災を受けることになる。今後、造成地の計画においては、この法肩部は外周道路もしくは公園として活用し、宅地の被災を出来る限り少なくするような計画が必要であろう。また、現状における宅地の地震時被災危険度評価においても、法肩部は地震時には危険となること、それに対する備えが必要であることを住民にあらかじめ伝える仕組みの構築も必要になろう。今回の調査の中でも、のり面肩に外周道路が設置されていた泉区北中山3丁目では、道路に比して宅地の被害は少なかったことが指摘できる。

(3) 被災宅地の公的支援

地震時に発生する宅地の被災は、宅地が数十戸含まれる広域にわたることが多く、個別宅地での対応が不可能な場合が多い。被災が広域にわたると言うことは、その被災地の中に道路など公共土木施設も含まれることが多い。このため通行の安全を早急に確保するために、道路の復旧が行われるが、被災の原因を除去せずに、舗装の復旧のみに終わると、再び道路は被災を受ける可能性がある。このため、宅地内盛土の被災道路の復旧は、再度災害を防ぐためにも被災原因となった盛土土塊の移動を防ぐことが必要になろう。このようにして盛土移動の原因を除去した後に、個々の宅地の復旧は個人の責任でおこなう仕組みの構築が必要となろう。

阪神・淡路大震災では、急傾斜地法の特例措置として、民間宅地擁壁復旧事業が行われ、その後の芸予地震や中越地震でもこの仕組みが活用されている。今回も、条件が整えば、このような公的支援による宅地復旧が望まれる。これは個人の宅地の安全を公的に支援するという視点ではなく、地域の安全を確保するためには安全な宅地の再構築が必要であるという視点から積極的に推進されることが好ましい。

また被災直後は、住宅が被害を受けているため、宅地にまで復旧の手が回らないことが多い。しかし、梅雨を控えて危険な状態で放置できないため、被災宅地の応急措置として仮復旧工事等の公的な支援が望まれる。阪神・淡路大震災では、418 宅地に対して 245 百万円の支援が行われた実績があり、今回の地震に対しても同様の措置が採られることを望む。

(4) 被災宅地の自力復旧への支援

宅地は個人の所有物であるため、被災は自力復旧が原則である。このためには個人でも被災の程度が判定できる基準や復旧方法の紹介が必要であるが、これに関しては平成7年に「被災擁壁復旧技術マニュアル（暫定版）」が作成された。また中越地震を契機として、被災宅地の復旧方法として「我が家の宅地安全マニュアル 滑動崩

落編」や「被災宅地復旧マニュアル（暫定版）」が作成されている。これらの中では、復旧は、応急措置、仮復旧、本復旧といくつかのステップで復旧する方策が示されており、参考になる。

復旧のための資金手当に関しては、被災者生活再建支援法による資金に加えて、融資、貸付金、利子補給、助成金等、多くの仕組みがある。これらの情報提供も行政部局としては必要になろう。

(5) 宅地防災意識の啓発と地盤工学者

宅地は個人の所有物であるため、その安全は個人で負う必要があること、宅地の不安定化の要因は何なのか、そのために個人はどのような注意が必要であるか等の意識の啓発や向上を積極的に図って行く必要がある。このため、国では既に「宅地擁壁老朽化判定マニュアル（案）」や、「我が家の擁壁チェックシート（案）」、等が準備されており、これらの活用が望まれる。宅地の安定は、宅地のみならずその上に構築される建築構造物と一体的に考えていくことがよく行われている。建設業者や宅地建物取引業者は平成 11 年に施行された住宅の品質確保の促進等に関する法律で 10 年間の無償補修等を行う義務が課せられることになり、今後、宅地地盤に対しても大きな注意が払われることになるとと思われる。地盤工学者はこのような社会的な要請にも応えていく必要があると思われるが、同時に、積極的に要請に答えていくためには、宅地地盤危険度判定の資格の創設（既に被災を受けてしまった宅地の「被災宅地危険度判定士」は制度化されている。現状では建築士が宅地危険度の判定を行わなければならない）やこれにともなう責任保険制度の確立も考えていく必要があろう。

(6) 地震時危険宅地判定手法の向上

改正された宅地造成等規制法では、将来に地震に対してあらかじめ「備える」ことを目的として宅地耐震化推進事業が行われるが、その事業対象場所として造成宅地防災区域が決定されることになっているが、この区域に指定されるための条件として、地震時に危険な宅地盛土を抽出する必要がある。現状では、多くの時間と経費をかけて対象地域を調査することが困難であり、様々な資料や手法を駆使して、信頼度の高い地震時危険宅地判定手法を確立する必要がある。また、宅地耐震化のための工法も併せて様々な手法を提案する必要があろう。

5. おわりに

本現地調査を実施するに際しては、地盤工学会東北支部にお世話になりました。資料の提供、検討会の実施、現地調査を通して、地盤工学会東北・関東支部調査団の宮城県内陸部調査団長の風間基樹東北大学大学院教授、地盤工学会東北支部長飛田善雄東北学院大学教授、（株）復建技術コンサルタント佐藤真吾氏をはじめとする数多くの地元のコンサルタントの皆さんにお世話になりました。ここに厚くお礼申し上げます。また、第一次調査の資料を快く提供していただきました第一次調査団関東支部代表の古関潤一東京大学大学院教授をはじめ調

査団員の皆様に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 浅田秋江：1978年宮城県沖地震による家屋被害に及ぼした地盤地質および地形の影響に関する調査研究，東北工業大学紀要Ⅰ理工学編，1，pp.39～52，1980.
- 2) 奥津春生：大仙台の地盤・地下水，宝文堂，1973.
- 3) 河上房義・浅田秋江・柳沢栄司：宮城県沖地震による盛土の被害，土と基礎，26（12），pp.25～31，1978.
- 4) 沖村孝・二木幹男・岡本敦・南部光広：兵庫県南部地震における宅地地盤被害と各種要因との関係，土木学会論文集，623/IV-43，pp.259～270，1999.
- 5) 浅田秋江：宮城県沖地震から10年 丘陵地宅地造成地はどのように変貌したか，土と基礎，37（3），pp.57～62，1989.
- 6) 土木学会東北支部：第15章宅地造成地・街路および公園，1978年宮城県沖地震調査報告書，pp.435～450，1980.
- 7) 古関潤一・若井明彦：宮城県内陸部の被害，地盤工学会，東北地方太平洋沖地震災害調査報告会，2011.
- 8) 釜井俊孝・坂靖範・村尾英彦：仙台市における宅地谷埋め盛土の地すべり，京都大学防災研究所斜面災害研究センターHP，<http://landslide.dpri.kyoto-u.ac.jp/J-RCL.html>，2011.
- 9) (株)復建技術コンサルタント：1/25,000造成宅地地盤図，2008.
- 10) 飛田善雄・今西肇：山元町6号線沿い太陽団地斜面変状の調査（速報），宮城県南部地震被害調査班，2011.
- 11) 那須誠：地震被害が大規模に生じた盛土や自然斜面と地盤の関係，第26回地震工学研究発表会講演論文集，pp.101～104，2001.

（原稿受理 2011. 6. 23）